



Universidade de Aveiro
Ano 2017

Departamento de Economia, Gestão,
Engenharia Industrial e Turismo

**Carlos Daniel
Oliveira Talhado**

**Melhoria do Processo Automático de
Vidragem de Peças Cerâmicas**



Universidade de Aveiro Departamento de Economia, Gestão,
Ano 2017 Engenharia Industrial e Turismo

**Carlos Daniel Oliveira
Talhado**

Melhoria do Processo de Vidragem de Peças Cerâmicas

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Mestre Miguel da Silva Oliveira, Professor Convidado do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

o júri

Presidente

Professor Doutor João Carlos de Oliveira Matias
Professor Catedrático, Universidade de Aveiro

Vogal – Arguente Principal

Doutor Radu Godina
Professor Adjunto, Universidade da Beira Interior - Faculdade de Engenharia

Vogal - Orientador

Mestre Miguel da Silva Oliveira
Assistente Convidado, Universidade de Aveiro

agradecimentos

O meu agradecimento:

- Ao professor Miguel Oliveira, pela disponibilidade e apoio prestado ao longo da elaboração deste trabalho.
- À minha família, por todo o apoio que me deu até agora
- A todos os amigos e colegas do curso de Engenharia e Gestão Industrial
- À empresa Sanindusa 2, S.A. e seus colaboradores, pela possibilidade de realização deste projeto e apoio dado durante o mesmo

palavras-chave

Cerâmica, vidragem automática, robô de vidragem, melhoria do processo, sistema de posicionamento

resumo

O projeto apresentado foi realizado numa empresa de cerâmica sanitária localizada na localidade da Tocha, concelho de Cantanhede, a Sanindusa 2. O objetivo deste trabalho é a melhoria da qualidade do processo automático de vidragem de peças cerâmicas, com recurso a robôs de vidragem.

Para realizar este projeto desenvolve-se um conjunto de procedimentos específicos para reduzir as causas das não conformidades provenientes do processo de vidragem. Numa primeira fase foram identificados quais os fatores que têm influência no problema, quer sejam erros humanos ou erros dos equipamentos industriais de movimentação de peças. Foram criadas as ferramentas necessárias para avaliar a ordem de grandeza dos desvios no posicionamento das peças cerâmicas em relação à posição correta. Numa segunda fase, com conhecimento da origem das falhas existentes no processo, tomam-se diversas ações de forma a resolver os problemas existentes, avaliando posteriormente o seu impacto.

Esta análise mostra que o processo em questão apresenta problemas, visíveis sobretudo nos excessos e faltas de vidro e nos pelados que surgem nas peças cerâmicas após a cozedura. O primeiro passo é o fornecimento de corretas instruções de trabalho aos operadores, de forma a eliminar o erro humano do processo, passando depois ao ajuste dos parâmetros de tolerância dos equipamentos de movimentação. Após algumas correções efetuadas e com resultados satisfatórios, passado algumas semanas os defeitos anteriormente corrigidos voltam a surgir. Esta situação permite concluir que as medidas implementadas não podem ser consideradas definitivas, sendo necessária disciplina e sensibilização dos colaboradores para que cumpram com as instruções de trabalho, bem como o cumprimento de um plano de manutenção adequado.

keywords

Ceramics, automatic glazing, glazing robot, process improvement, positioning system

abstract

The project was carried out in a sanitary ceramics company located in the town of Tocha, Cantanhede municipality, Sanindusa 2. The objective of this work is to improve the quality of the automatic glazing process of ceramic pieces, using glazing robots.

To carry out this project, a set of specific procedures is developed to reduce the causes of non-conformities from the glazing process. In a first phase were identified which factors have influence in the problem, whether human errors or errors of the industrial equipment of movement of pieces. The necessary tools were created to evaluate the order of magnitude of the deviations in the positioning of the ceramic pieces in relation to the correct position. In a second phase, with knowledge of the origin of the flaws existing in the process, several actions are taken in order to solve the existing problems, and subsequently evaluate their impact.

This analysis shows that the process in question presents problems, visible mainly in the excesses and faults of glass and in the peels that appear in the ceramic pieces after the baking. The first step is to provide correct working instructions to operators, in order to eliminate the human error of the process, and then to adjust the tolerance parameters of the handling equipment. After some corrections have been made and with satisfactory results, after a few weeks, the previously corrected defects reappear. This situation allows us to conclude that the implemented measures cannot be considered definitive, being necessary discipline and sensitization of the employees to comply with the work instructions, as well as the fulfillment of an adequate maintenance plan.

Índice

Índice	13
Índice de Tabelas	15
Índice de Gráficos	17
Índice de Figuras	19
Capítulo I – Introdução.....	21
I.1 Contextualização do Trabalho.....	21
I.2 Caracterização Geral do Problema.....	24
I.3 Metodologia para Resolução do Problema.....	27
I.4 Cronograma.....	28
I.5 Organização do Relatório.....	29
Capítulo II – Abordagem Teórica.....	31
II.1 Equipamentos	31
II.1.1 Sistema de Medição de Distância por Laser.....	31
II.1.2 Tornilho (ou bancada rotativa) de Inspeção	32
II.1.3 Transferidor Linear.....	33
II.1.4 Passadeira	34
II.1.5 Shuttle com movimento de quatro eixos.....	35
II.1.6 Carrossel de Vidragem	36
II.1.7 Robô de Vidragem.....	37
II.2 Sistemas Mecânicos de Transporte.....	39
II.2.1 Transmissões por Correia.....	39
II.2.2 Transmissões por Corrente	42
II.2.3 Motores Elétricos	43
II.2.4 Motorreduzores.....	44
II.3 Sensores	45
II.3.1 Sensor de Infravermelhos para Medição de Distâncias.....	45
II.3.2 Encoders	46
II.4 Lubrificação	49
Capítulo III – Melhoria da Qualidade no Processo de Vidragem	51
III.1 Descrição dos Processos de Inspeção e Vidragem.....	51
III.2 Identificação das Causas do Problema.....	57
III.3 Metodologia para Resolução do Problema.....	58

Capítulo IV – Resultados.....	67
IV.1 Modelo 1 - Sanita Compacta Alfa DC (100021).....	70
IV.2 Modelo 2 - Sanita Compacta Alfa DP (100022).....	71
IV.3 Modelo 3 - Sanita Compacta Aveiro Confort DP (103024)	73
IV.4 Modelo 4 - Sanita Compacta New Day DT (113023).....	74
IV.5 Modelo 5 - Sanita Compacta Easy DP (131022).....	75
IV.6 Modelo 6 - Sanita Simples Look DT (134013)	77
IV.7 Modelo 7 - Sanita Compacta Look DT (134023)	78
IV.8 Modelo 8 - Sanita Simples Cetus Basic DC (135011).....	79
IV.9 Modelo 9 - Sanita Compacta UrbY 65 DC (140021)	80
IV.10 Modelo 10 - Sanita Compacta UrbY 60 DT (140025)	81
IV.11 Modelo 11 - Sanita Suspensa Cubo (171032)	82
IV.12 Modelo 12 - Sanita Compacta Bridge DP (182022).....	83
Capítulo V – Conclusão/Discussão dos Resultados	85
Capítulo VI – Trabalhos Futuros	87
Bibliografia	89
Anexos.....	91
Anexo 1 – Folha da Peça (Página de Rosto)	91
Anexo 2 – Folha da Peça (Verso – R1 e R2).....	92
Anexo 3 – Folha da Peça (Verso – R3 e R4).....	93
Anexo 4 – Modelos de Peças.....	94

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Estatísticas Gerais da Produção (Ano 2016)	67
Tabela 2 - Estatísticas do Retoque (Ano 2016)	67
Tabela 3 - Estatísticas do Inutilizado (Ano 2016).....	68

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Resultados Gerais de Produção (ano 2016).....	68
Gráfico 2 - Resultados da Vidragem (Retoque) – Ano 2016.....	69
Gráfico 3 – Resultados da Vidragem (Inutilizado) – ANO 2016.....	69
Gráfico 4 - Evolução dos Defeitos de Vidragem - Modelo 1.....	70
Gráfico 5 - Evolução dos Defeitos de Vidragem (Modelo 2)	72
Gráfico 6 – Evolução dos Defeitos de Vidragem – Modelo 3	73
Gráfico 7 - Evolução dos Defeitos de Vidragem - Modelo 4.....	74
Gráfico 8 - Evolução dos Defeitos de Vidragem - Modelo 5.....	75
Gráfico 9 - Evolução dos Defeitos de Vidragem - Modelo 6.....	77
Gráfico 10 - Evolução dos Defeitos de Vidragem - Modelo 7.....	78
Gráfico 11 - Evolução dos Defeitos de Vidragem - Modelo 8.....	79
Gráfico 12 - Evolução dos Defeitos de Vidragem - Modelo 9.....	80
Gráfico 13 - Evolução dos Defeitos de Vidragem - Modelo 10.....	81
Gráfico 14 - Evolução dos Defeitos de Vidragem - Modelo 11.....	82
Gráfico 15 - Evolução dos Defeitos de Vidragem - Modelo 12.....	83

Índice de Figuras

Figura 1 - Imagem exterior da Sanindusa 2	21
Figura 2 - Localização da Sanindusa 2	22
Figura 3 - Diagrama do processo produtivo da Sanindusa 2	23
Figura 4 - Esquema da área de Inspeção e Vidragem.....	24
Figura 5- Exemplos de Excessos de Vidro – Pala (esquerda) e Sifão (direita)	25
Figura 6 - Laser Wenglor Y1TA100QXT3	31
Figura 7 - Computador do Sistema de Medição de Distância por Laser.....	32
Figura 8 - Tornilho (ou Bancada Rotativa) de Inspeção.....	33
Figura 9 - Transferidor Linear (em Posição de Recolhido).....	34
Figura 10 - Passadeira ou Transportador de Cintas de Inspeção	35
Figura 11 - Shuttle com Movimento de Quatro Eixos	36
Figura 12 - Banco do Carrossel de Vidragem.....	37
Figura 13 - Esquema do Carrossel com o Robô ao Centro (Vista de Cima)	37
Figura 14 - Robô de Vidragem	38
Figura 15 - Pistola do Robô de Vidragem	38
Figura 16 - Representação Esquemática de uma Correia Trapezoidal.....	39
Figura 17 - Tipos de Correias Trapezoidais - a) Secção Uniforme; b) ranhurada; c) banda multi-Correia	40
Figura 18 - Representação Esquemática de uma Correia Dentada	40
Figura 19 - Alguns Tipos de Correias Dentadas com Diferentes Perfis de Dentes	41
Figura 20 - Exemplo de um Sistema de Transmissão por Corrente.....	42
Figura 21 - Exemplo de Motor Elétrico (marca WEG)	43
Figura 22 - Motorreductor (Marca WEG).....	44
Figura 23 - Princípio de Funcionamento de um Sensor Ótico	45
Figura 24 - Exemplo de Encoder Incremental	47
Figura 25 - Tipos de Sinais de Saída: Canal Único (esquerda) e Quadratura (esquerda)	47
Figura 26 – Princípio de Construção de um Encoder Incremental Rotativo.....	48
Figura 27 - Montagem do Encoder.....	49
Figura 28 - Linhas de Inspeção - Robôs 1 e 2 (a); Robôs 3 e 4 (b).....	51
Figura 29 - Cabine de Inspeção.....	52
Figura 30 - Sistema de Medição de Distância por Laser – Vista do Exterior da Cabine (A); Detalhe (B)	52
Figura 32 a) e b)- Transferidor Linear em Posição Estacionária (a); em Posição de Recolha do Tornilho (b) .	53
Figura 33 - Passadeira de Inspeção	54
Figura 34 - Shuttle com Movimento de 4 Eixos.....	54
Figura 35 - Banco do Carrossel	55
Figura 36 - Máquina de Vidrar Sifões	55
Figura 37 - Robô de Vidragem	56
Figura 38 - Pistola do Robô de Vidragem (A); Robô de Vidragem em Funcionamento (B)	57
Figura 39 - Diagrama de Ishikawa para Identificação das Causas dos Problemas de Vidragem.....	58
Figura 40 - Esquadro do Departamento da Qualidade.....	59
Figura 41 - Novo Esquadro – Medição do Comprimento	60
Figura 42 - Novo Esquadro - Medição da Largura	60
Figura 43 a) e b) - Laser no Carril do Shuttle (Mov. Longitudinal) (a); Ponto de Medição Long. no Shuttle (b)	61
Figura 44 a) e b) – Laser na Posição de Medição da Rotação(a); Ponto de Medição da Rotação no Shuttle (b)	61
Figura 45 - Medição da Posição Longitudinal da Peça (atrás; À Frente) e Transversal no Tornilho de Inspeção	63
Figura 46 - Medição da Posição Transversal da Peça no Transferidor Linear	63

Figura 47 - Medição da Posição Longitudinal da Peça (atrás; à frente) na última posição da Passadeira 64

Figura 48 - Medição da Posição Transversal da Peça na última posição da Passadeira 64

Figura 49 - Medição da Posição Transversal da Peça no Shuttle..... 64

Figura 50 - Medição da Posição Longitudinal da Peça (atrás; à frente) no Carrossel de Vidragem 65

Figura 51 - Medição da Posição Transversal da Peça no Carrossel de Vidragem; Detalhe do Ponto de Medição..... 65

Capítulo I – Introdução

I.1 Contextualização do Trabalho

O presente documento pretende dar conta do trabalho realizado no âmbito da unidade curricular de Dissertação/Projeto/Estágio, integrada no plano curricular do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Aveiro.

Este projeto centra-se no sector produtivo da empresa Sanindusa 2 – Indústria de Sanitários, S.A., empresa do Grupo Sanindusa que se dedica à produção de louças sanitárias em *Vitreous China* (porcelana vitrificada). O projeto tem como objetivo a melhoria do processo de vidragem de peças cerâmicas, neste caso apenas sanitas e bidés, minimizando a quantidade de peças com defeitos provenientes deste processo.

A Sanindusa 2 está localizada na Zona Industrial da Tocha, concelho de Cantanhede, tendo a atividade de produção sido iniciada no ano 2002, contando atualmente com cerca de 120 colaboradores.



FIGURA 1 - IMAGEM EXTERIOR DA SANINDUSA 2



FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO DA SANINDUSA 2

A capacidade de produção desta unidade industrial é de cerca de 1.500 peças por dia, correspondentes a cerca de 500.000 peças por ano, sendo atualmente são fabricadas sanitas, tanques e bidés, comercializados em 84 países.

A Sanindusa 2 é uma empresa que tem como único cliente e proprietário o Grupo Sanindusa. Desta forma, a pasta cerâmica necessária à produção é preparada na unidade fabril de Aveiro, sendo depois transportada em camiões cisterna até à Sanindusa 2, onde é armazenada em poços até ser incluída no ciclo produtivo.

Em relação aos vidrados, estes são produzidos na unidade fabril da Sanindusa 2, utilizando matérias primas adquiridas a fornecedores externos.

Ciclo Produtivo:

A pasta cerâmica previamente preparada é utilizada para o enchimento automático a alta pressão dos moldes das peças, que posteriormente são acabadas manualmente em duas fases e seguem para duas fases de secagem, primeiramente a temperatura controlada e de seguida a alta temperatura. Após a secagem, as peças são encaminhadas para uma área onde aguardam até serem encaminhadas para o processo de inspeção e posterior vidragem manual ou automática. As peças vidradas são então enforcadas em vagonas e enviadas para o forno túnel para serem cozidas a alta temperatura. Após a cozedura, as peças são escolhidas e classificadas, sendo encaminhadas para embalagem, retoque ou quebra, consoante sejam classificadas como comerciais, retoque ou inutilizadas, respectivamente.

A figura 3 apresenta de forma geral o processo de fabrico de louças sanitárias na Sanindusa 2, estando assinalada com um retângulo vermelho a área onde foi realizado este projeto.

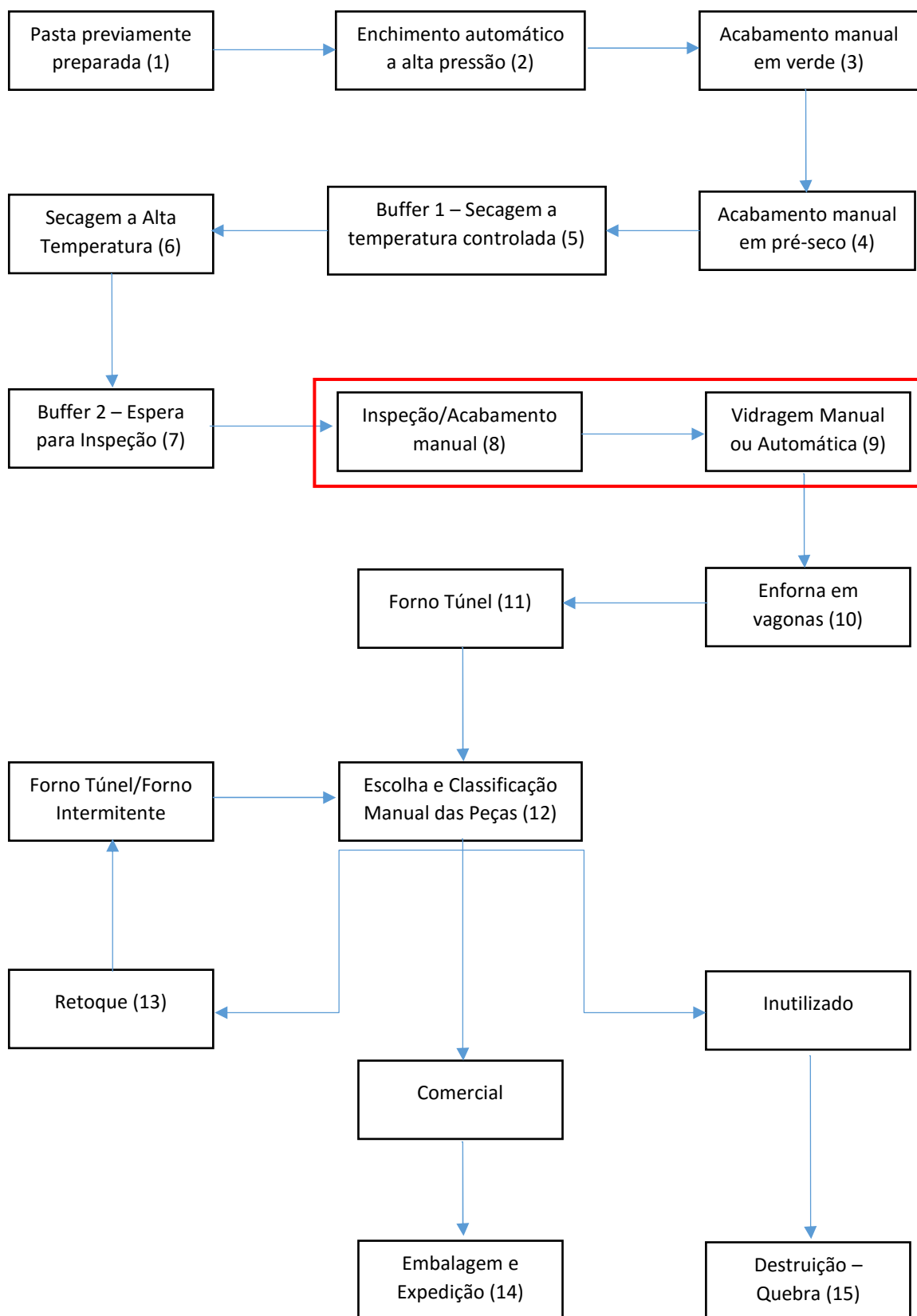


FIGURA 3 - DIAGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO DA SANINDUSA 2

I.2 Caracterização Geral do Problema em Estudo

O projeto centrou-se no processo de vidragem das peças cerâmicas, realizado no Departamento de Produção, mais concretamente nas zonas de Inspeção e de Vidragem. O principal objetivo deste projeto é a melhoria do processo de vidragem efetuado robôs, tendo em vista a redução das não conformidades provenientes do referido processo.

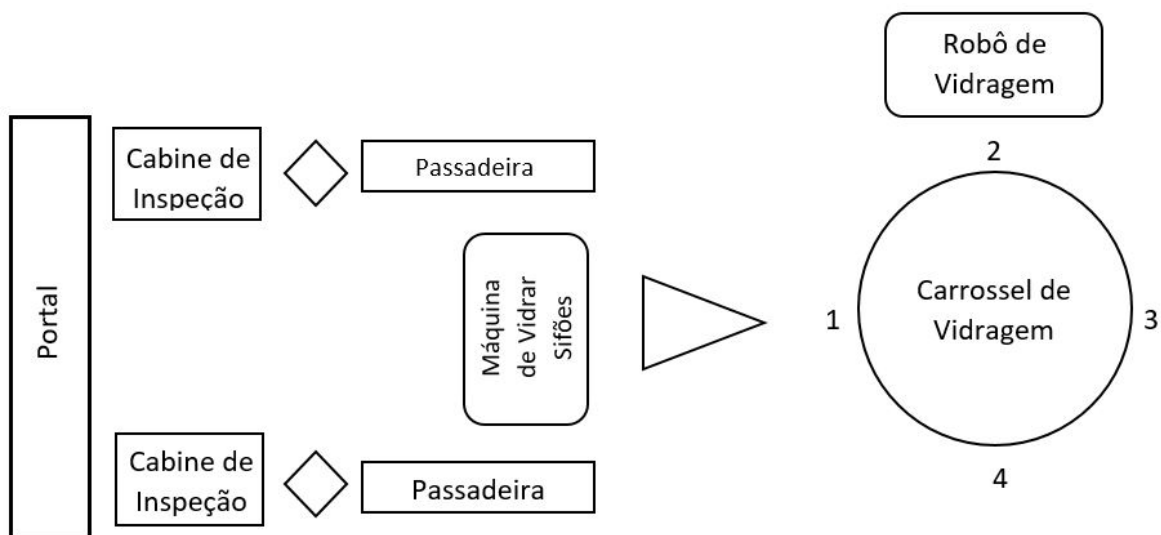


FIGURA 4 - ESQUEMA DA ÁREA DE INSPEÇÃO E VIDRAGEM

Legenda: - Transferidor Linear; - Shuttle (Transportador com movimento de quatro eixos);
1 – Posição de Carga; 2 – Posição de Vidragem; 3 – Posição de Descarga; 4 – Posição de Lavagem

A vidragem da peça cerâmica consiste na aplicação de vidro líquido sobre a peça cerâmica após a inspeção, com recurso a robôs de seis eixos equipados com pistola de ar comprimido.

O processo de vidragem apresenta neste momento vários problemas, uma vez que os defeitos de vidragem surgem em várias peças, em diferentes locais na própria peça e sem causa claramente identificada. Os defeitos de vidragem normalmente são detetados apenas após a cozedura, no processo de escolha, sendo posteriormente encaminhadas para retoque ou, no caso de defeitos graves, classificadas como inutilizadas e destruídas. No mês de setembro de 2016, mês anterior ao início do trabalho refletido neste relatório, a percentagem global de peças encaminhadas para retoque foi de 28,81% e a de peças classificadas como inutilizadas foi de 12,26%.

As peças que apresentam defeitos não têm todas o mesmo destino. Após a cozedura em forno túnel, desenforma e arrefecimento, as peças cerâmicas passam por um rigoroso processo de controlo, denominado Escolha.

A Escolha é feita por meio de controlo visual, toque nas peças e teste de vácuo. É nesta fase que são identificados os defeitos, como excessos e faltas de vidro, pelados, rachas de olaria, entre outros, e a sua localização na peça (sifão, pala, pé, partes laterais, parte superior, furos de fixação). Durante a escolha, as peças classificadas como comerciais são encaminhadas para a embalagem, as peças que apresentam defeitos recuperáveis são enviadas para retoque e as peças irrecuperáveis são destruídas.

A lista de defeitos pode ser extensa. No entanto, apenas alguns defeitos surgem com uma frequência relativamente relevante, como por exemplo as faltas e excessos de vidro, os pelados e as rachas de olaria. Estes problemas representam elevados custos de retrabalho devido à necessidade de retocar peças já cozidas, originando prejuízos devido à destruição de peças que não apresentam possibilidade de recuperação.

As peças não conformes com origem na vidragem analisadas neste trabalho são os excessos de vidro, faltas de vidro e pelados.

- Excesso de vidro - consiste na acumulação de vidro durante a vidragem, que não sendo limpo antes da enfora resulta numa linha de vidro na peça após a cozedura, podendo surgir em qualquer parte da peça, tal como mostrado na figura 5.

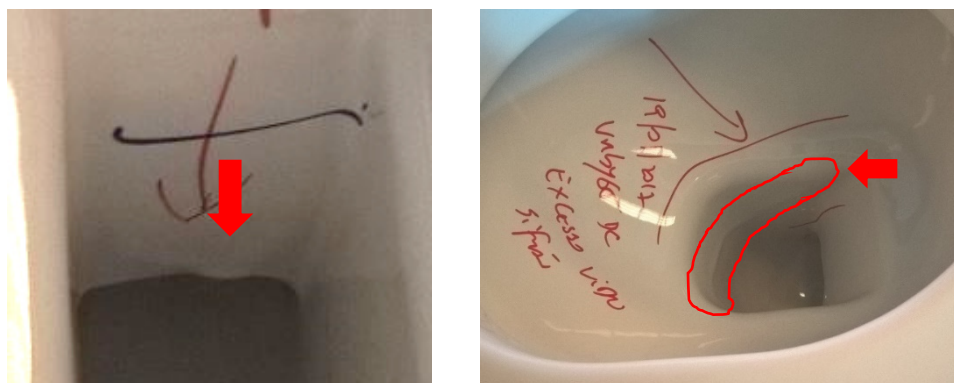


FIGURA 5- EXEMPLOS DE EXCESSOS DE VIDRO – PALA (ESQUERDA) E SIFÃO (DIREITA)

- Falta de vidro - Consiste numa camada de vidro muito fina, que permite ver com alguma facilidade a pasta cerâmica que constitui a peça, podendo também surgir em qualquer parte da peça cerâmica. A figura 6 exemplifica algumas faltas de vidro.



FIGURA 6 - EXEMPLOS DE FALTAS DE VIDRO - ARO (ESQUERDA) E PARTE FRONTAL (DIREITA)

- Pelados - Caracterizam-se pelo aparecimento de pequenas áreas às quais o vidro aplicado sobre a peça não consegue aderir, permitindo que se observe totalmente a pasta cerâmica. Normalmente este defeito está relacionado com a deficiente limpeza da peça após a inspeção. A figura seguinte mostra o aspeto dos pelados numa peça cozida.



FIGURA 7 - EXEMPLOS DE PELADO - SIFÃO (ESQUERDA) E BACIA (DIREITA)

Dependendo da relevância e do tipo de defeito, as peças podem ser classificadas como Inutilizadas, para as quais não há hipótese de recuperação e sendo posteriormente destruídas, ou Retoque, nas quais é aplicada uma massa de retoque ou vidro para tentar recuperar o defeito, sendo as peças depois encaminhadas para requeima no forno túnel ou no forno intermitente. No caso de as peças não apresentarem qualquer tipo de defeito são classificadas como comerciais e encaminhadas para a embalagem.

A lista de defeitos pode ser extensa, mas apenas alguns casos apresentam uma frequência relevante. No caso de serem escolhidas mais de três peças da mesma referência com o mesmo tipo de defeito e que sejam provenientes da mesma cabine de inspeção torna-se importante perceber quais as possíveis causas desse defeito, de forma a evitar que se continuem a cozer peças com esse mesmo defeito, gerando desperdícios (não percebo porque está assinalado nas anotações) que podem ser consideráveis.

I.3 Metodologia para Resolução do Problema

O principal objetivo do trabalho a desenvolver durante a realização do Projeto é a implementação de melhorias no processo de vidragem da empresa Sanindusa 2. Em primeiro lugar, foi necessário realizar uma análise detalhada do processo e efetuar um levantamento dos problemas relacionados com a qualidade que possam estar associados a este mesmo processo. Na segunda fase, pretende-se fazer um levantamento das possíveis causas dos principais problemas detetados. Os dados recolhidos nesta fase foram usados para desenvolver propostas de melhoria e sua posterior implementação, sendo ainda analisados os resultados que as mesmas possam trazer ao processo de vidragem de peças cerâmicas com recurso a robôs de vidragem.

I.4 Cronograma

As tarefas realizadas durante o período de execução do projeto encontram-se descritas cronologicamente no seguinte esquema, abrangendo as fases de integração/compreensão dos processos inerentes à atividade fabril, funcionamento dos equipamentos, desenvolvimento de metodologias de trabalho e seu aperfeiçoamento, realização das tarefas respeitantes à melhoria dos processos de inspeção e vidragem, bem como a análise do trabalho desenvolvido. Tarefas	Meses							
	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.
Apresentação da empresa e do projeto								
Introdução aos conceitos e compreensão do processo de fabrico								
Análise da situação inicial dos equipamentos de inspeção e vidragem								
Criação de modelos e ferramenta para recolha dos dados de vidragem nos diferentes robôs								
Definição do procedimento de medição de cotas nos diferentes equipamentos								
Ajuste dos parâmetros dos equipamentos de transporte de peças								
Medição das cotas nos equipamentos e ajuste das posições das peças cerâmicas								
Esquematização informática do correto posicionamento das peças cerâmicas								
Estudo dos procedimentos de manutenção								
Acompanhamento do processo produtivo								
Avaliação dos resultados obtidos								
Elaboração do Relatório de Projeto								

I.5 Organização do Relatório

Este relatório é constituído por quatro capítulos.

O primeiro capítulo inclui a descrição da empresa, uma introdução ao problema em estudo, os objetivos a atingir com o trabalho a desenvolver e a metodologia a utilizar.

O segundo capítulo é feita uma descrição dos componentes eletromecânicos existentes no processo em estudo, sendo dividido em quatro partes. A primeira parte engloba a descrição dos equipamentos presentes na área de inspeção e vidragem; na segunda parte são analisados os principais componentes dos equipamentos mecânicos de transporte de peças, suas principais características e implicações no posicionamento das peças entre a cabine de inspeção e o robô de vidragem; na terceira parte são abordados os principais tipos de sensores com aplicação nesta indústria; na quarta parte é feita uma abordagem acerca da lubrificação dos equipamentos.

O terceiro capítulo subdivide-se em dois subcapítulos. No primeiro subcapítulo são descritos detalhadamente os processos de inspeção e vidragem, nomeadamente no que concerne ao tipo de operações realizadas, equipamentos utilizados e sequência de trabalhos; no segundo subcapítulo é descrito o projeto desenvolvido na empresa durante o período de estágio, sendo referidas as metodologias e ferramentas aplicadas para minimizar os problemas de qualidade observados.

No capítulo IV é feita a análise das melhorias propostas e o impacto das mesmas na Sanindusa 2. Este trabalho termina com as conclusões sobre o projeto desenvolvido (Capítulo V), incluindo também algumas propostas para trabalhos futuros (Capítulo VI).

Capítulo II – Abordagem Teórica

Neste capítulo é feita uma abordagem teórica aos conceitos relacionados com os equipamentos utilizados na área de inspeção e vidragem, nomeadamente os equipamentos mecânicos móveis que efetuam o transporte das peças cerâmicas entre diferentes posições ao longo da linha de inspeção, aos motores que fazem mover estes equipamentos e aos diversos tipos de sensores que permitem controlar a posição dos equipamentos móveis.

II.1 Equipamentos

Nesta secção são descritos quais os equipamentos da linha de inspeção e vidragem que podem ter influência na qualidade de vidragem das peças cerâmicas, abordando os diferentes componentes que constituem estes mesmos equipamentos, nomeadamente o sistema de medição de distância por laser, o tornilho (ou bancada rotativa de inspeção), o transferidor linear, o transportador de correia (passadeira), o *shuttle* (transportador) com movimento de quatro eixos, o carrossel de vidragem e o robô de vidragem.

II.1.1 Sistema de Medição de Distância por Laser

O sistema de medição de distância por laser consiste em dois lasers da marca Wenglor, modelo Y1TA100QXT3 ligados ao quadro da linha de inspeção (que controla todos os equipamentos de transporte de peças entre a cabine de inspeção e o robô de vidragem), sendo os valores lidos pelos lasers projetados num ecrã presente na cabine de inspeção, que auxilia os operadores na colocação das peças cerâmicas na posição adequada para ser transportada até ao robô de vidragem.



FIGURA 6 - LASER WENGLOR Y1TA100QXT3

O laser Wenglor utilizado tem capacidade de medição de distâncias entre 0,1 metros e 10,1 metros, apresentando uma linearidade de 0,5%, ou seja, as distâncias medidas não se afastam mais de 0,5% do valor real [5]. Sendo o erro de linearidade definido como uma percentagem do valor máximo do *output* elétrico, e uma vez que as distâncias medidas entre os sensores laser e a peça na cabine são da ordem dos 2 metros, o erro associado às leituras dos lasers poderá ter alguma influência no correto posicionamento da peça cerâmica no tornilho de inspeção, e consequentemente no posicionamento da peça à chegada ao robô de vidragem.



FIGURA 7 - COMPUTADOR DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DE DISTÂNCIA POR LASER

II.1.2 Tornilho (ou bancada rotativa) de Inspeção

O tornilho de inspeção é uma bancada rotativa localizada na cabine de inspeção, sobre o qual os operadores apoiam a peça para fazer o processo de inspeção, ou seja, remover os excessos de pasta cerâmica e as pequenas imperfeições, antes de as peças serem enviadas para a vidragem. Este dispositivo consiste em seis barras de alumínio aparafusadas a uma barra longitudinal, que se encontra fixa num eixo que permite rotação de 360°. Este dispositivo tem ainda um sistema pneumático que permite movimento ascendente e descendente, além de um “trinco” para impedir a movimentação rotacional aquando do posicionamento e recolha das peças.



FIGURA 8 - TORNILHO (OU BANCADA ROTATIVA) DE INSPEÇÃO

Este dispositivo apresenta as seguintes condicionantes que podem ter influência no posicionamento da peça: os perfis do tornilho (seis barras metálicas revestidas por esponja) podem deslocar-se longitudinalmente, quer por incorreta utilização quer pelo facto de a equipa de manutenção alterar a posição de alguma das barras usadas como referência pelos operadores, com implicações na posição das peças.

De acordo com o esquema de manutenção definido pelo fabricante, o tornilho deve ser lubrificado com graxa uma vez em cada 150 horas de trabalho.

II.1.3 Transferidor Linear

O transferidor linear é um equipamento com aspeto de um “garfo” com cinco dentes revestidos por material antiderrapante (não percebo porque está assinalado nas anotações), que faz a recolha das peças já inspecionadas do tornilho de inspeção e as deposita sobre a passadeira/transferidor de cintas de inspeção. Este dispositivo executa movimento de avanço linear e ascendente (para recolha da peça) e de recuo linear e descendente (para depósito da peça na passadeira).

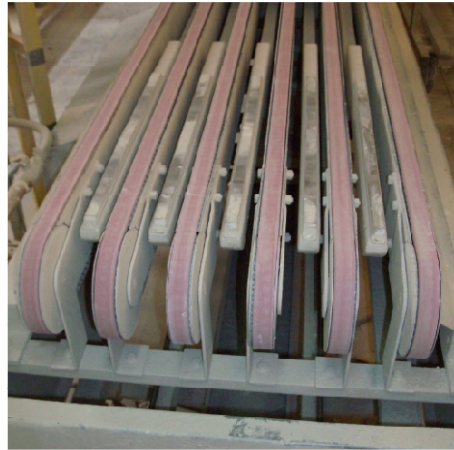


FIGURA 9 - TRANSFERIDOR LINEAR (EM POSIÇÃO DE RECOLHIDO)

De acordo com o esquema de manutenção definido pelo fabricante, o transferidor deve ser lubrificado uma vez em cada 150 horas de trabalho.

II.1.4 Passadeira

A passadeira (também conhecida como transportador de correia) de inspeção consiste num conjunto de seis “calhas” nas quais se deslocam fitas revestidas de material polimérico antiderrapante, capazes de transportar peças muito delicadas e pesadas, sobre as quais são depositadas as peças cerâmicas já inspecionadas, sendo desta forma que as mesmas são transferidas linearmente entre duas posições de trabalho, neste caso entre o transferidor linear e o *shuttle* (transportador com movimento de quatro eixos). Ao serem depositadas pelo transferidor linear, as peças avançam, num movimento passo-a-passo (avanço de cerca de 1 metro) ou contínuo, ao longo das seis posições da passadeira, sendo depois recolhidas pelo *shuttle* (transportador com movimento de quatro eixos) quando chegam à última posição da passadeira.



FIGURA 10 - PASSADEIRA OU TRANSPORTADOR DE CINTAS DE INSPEÇÃO

De acordo com o esquema de manutenção definido pelo fabricante, o sistema motriz da passadeira deve ser lubrificado uma vez em cada 150 horas de trabalho, e a tensão das correias ajustada sempre que necessário.

II.1.5 *Shuttle* com movimento de quatro eixos

O *Shuttle* é um transportador que efetua movimentos segundo quatro eixos: linear (avanço e recuo sobre um par de carris aos quais está fixo), vertical (subida e descida segundo o seu eixo), linear (avanço e recuo do garfo), e rotação segundo o seu eixo. Este equipamento é constituído, exteriormente, por cinco “garfos” revestidos com material antiderrapante, sendo desta forma que as peças são transportadas entre a passadeira de inspeção e o carrossel do robô de vidragem (com um ponto intermédio na máquina de vidrar sífões, caso necessário para o modelo transportado).



FIGURA 11 - *SHUTTLE* COM MOVIMENTO DE QUATRO EIXOS

De acordo com o esquema de manutenção definido pelo fabricante, o *shuttle* deve ser lubrificado uma vez em cada 150 horas de trabalho.

II.1.6 Carrossel de Vidragem

O carrossel de vidragem é constituído por quatro bancos de vidragem dispostos em ângulos de 90º entre si, fixos no mesmo eixo que roda entre as diferentes posições junto ao robô:

- Carga (onde o *shuttle* deposita a peça inspecionada);
- Vidragem (onde a peça é vidrada automaticamente pelo robô);
- Descarga (na qual o pé da peça é limpo e a mesma é transferida para a passadeira de enfora);
- Lavagem (onde o banco do carrossel é limpo com recurso a jatos de água de forma a remover os resíduos resultantes da vidragem).

Cada banco do carrossel de vidragem (figura 12) é constituído por seis barras de alumínio revestido por material antiderrapante, fixas em barras verticais que se encontram unidas a um eixo longitudinal, por sua vez fixo num sistema de rotação do banco.



FIGURA 12 - BANCO DO CARROSSEL DE VIDRAGEM

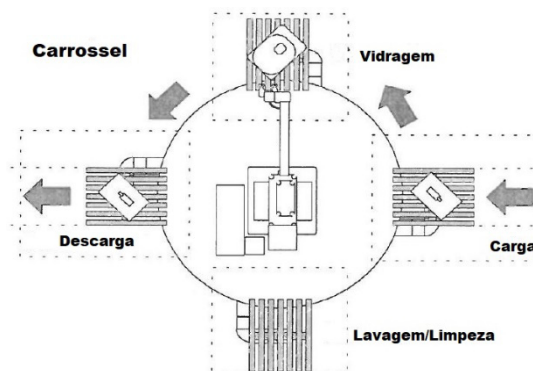


FIGURA 13 - ESQUEMA DO CARROSSEL COM O ROBÔ AO CENTRO (VISTA DE CIMA)

A manutenção do carrossel de vidragem deve ser realizada mensalmente, fazendo as lubrificações que se considerem necessárias.

II.1.7 Robô de Vidragem

O robô de vidragem é o equipamento responsável pela aplicação da camada de vidro sobre as peças cerâmicas já inspecionadas. O robô de vidragem encontra-se fixo à plataforma do carrossel, efetuando movimentos segundo seis eixos, com recurso a um sistema de correntes internas, estando equipado com uma pistola de ar comprimido e vidro na sua extremidade. Esta pistola encontra-se ligada à linha de ar comprimido e à linha de vidro, sendo desta forma criado um “leque” que, através dos movimentos do robô, permite que o vidro seja aplicado sobre a peça.

Os movimentos que o robô efetua encontram-se armazenados na sua memória sob a forma de um programa. Este programa é elaborado através de um modo de aprendizagem do robô, no qual um operador vidra uma peça de determinado modelo movimentando a pistola do robô manualmente. Os movimentos efetuados pelo operador são armazenados no programa e são posteriormente replicados de forma automatizada pelo robô. Importa ainda referir que o programa pode ser ajustado com a finalidade de resolver alguns pequenos problemas detetados após a elaboração do mesmo.



FIGURA 14 - ROBÔ DE VIDRAGEM



FIGURA 15 - PISTOLA DO ROBÔ DE VIDRAGEM

De acordo com o esquema de manutenção definido pelo fabricante, deve ser feita uma revisão ao robô uma vez por mês, fazendo os ajustes e lubrificações necessárias.

II.2 Sistemas Mecânicos de Transporte

Neste capítulo são caracterizados individualmente os componentes dos sistemas mecânicos utilizados na movimentação de peças na secção de inspeção e vidragem que, quer devido às suas características técnicas quer devido às suas especificidades em termos de manutenção, podem ter influência no posicionamento das peças cerâmicas entre o tornilho da cabine de inspeção e o robô de vidragem.

II.2.1 Transmissões por Correia

As transmissões por correia têm hoje em dia um vasto campo de aplicações, entre as quais máquinas-ferramenta, veículos automóveis, eletrodomésticos, prensas, telas transportadoras, bombas e compressores. Segundo Niemann [1], existem diversas classes de correias, caracterizadas sobretudo pela geometria, sendo as correias trapezoidais e as correias dentadas as mais utilizadas hoje em dia.

No caso das correias trapezoidais, a transmissão de potência é feita por atrito entre as faces laterais de correia e polia (roldana que faz deslocar a correia). Uma vez que a transmissão de potência é feita desta forma, poderá haver flutuação da velocidade do movimento devido ao fenómeno de escorregamento da própria correia. Apesar disso, o rendimento deste tipo de transmissão é geralmente superior a 94 %. [2]

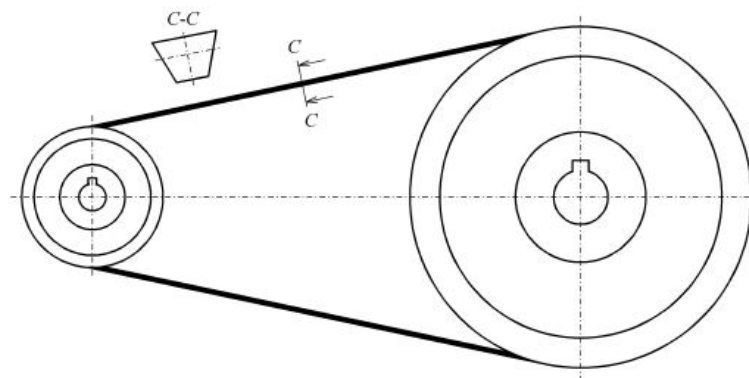


FIGURA 16 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UMA CORREIA TRAPEZOIDAL

A figura 18 apresenta três tipos de correias trapezoidais. Geralmente, estas são constituídas por cordas de fibra de poliéster, principais responsáveis pela capacidade de carga, revestidas por borracha reforçada com fibras transversais, podendo ainda ter uma

camada exterior de borracha ou de poliamida reforçada por tecido de fibra. A correia trapezoidal de secção uniforme (figura 18-a)) é mais flexível, permitindo, portanto, a utilização de polias mais pequenas, o que torna as transmissões mais compactas. Por outro lado, a utilização de materiais mais resistentes confere às correias maior capacidade de carga e possibilita maiores velocidades de funcionamento, atualmente de cerca de 50 m/s. As bandas multi-correia (figura 18-c)), que agrupam duas a seis correias têm maior capacidade de carga, além de outras características interessantes, funcionamento a velocidades elevadas (na ordem de 60 m/s) e transmissão entre eixos não paralelos (eixo das polias em diferentes alturas/não paralelos) devido à maior flexibilidade transversal.

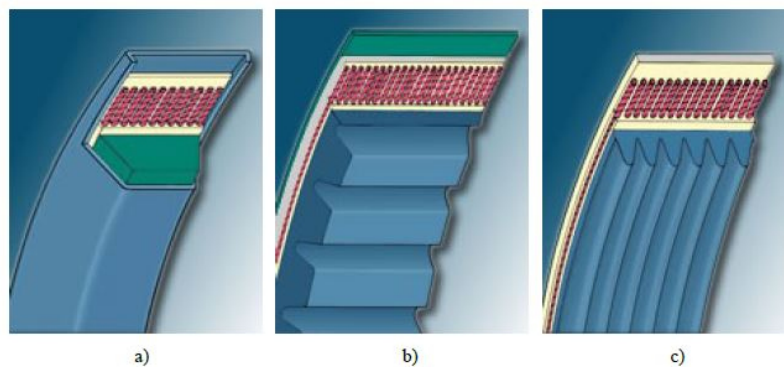


FIGURA 17 - TIPOS DE CORREIAS TRAPEZOIDAIS - A) SECÇÃO UNIFORME; B) RANHURADA; C) BANDA MULTI-CORREIA

Nas correias dentadas, o movimento é feito através do contacto entre os dentes da correia e os dentes das polias, não se verificando o escorregamento da correia, podendo os rendimentos deste tipo de correntes chegar aos 98 %.

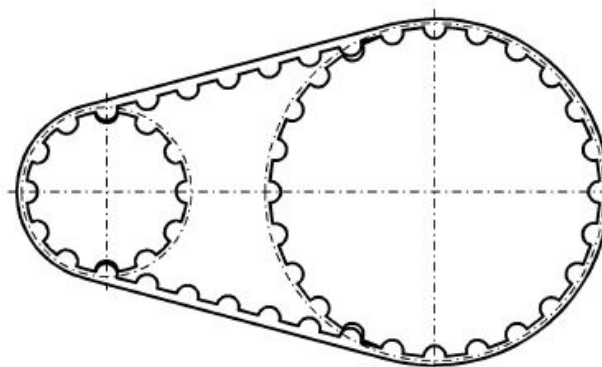


FIGURA 18 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UMA CORREIA DENTADA

A figura 20 ilustra alguns tipos de correias dentadas. Neste tipo de correias, as cordas são geralmente de fibra de vidro, de forma a garantir alta resistência e flexibilidade, enquanto que os dentes são de borracha de alta resistência ao corte, tendo no exterior uma fina camada de borracha reforçada com tecido de alta resistência ao desgaste e baixo atrito, de forma a assegurar a durabilidade e facilidade de movimento. Os diferentes perfis de dentes influenciam a capacidade de carga das correias, e as velocidades máximas deste tipo de correia são de cerca de 60 m/s, podendo chegar a 80 m/s. Geralmente, a transmissão por correia tem as seguintes vantagens:

- Capacidade de amortecimento de choques e vibrações, devido à flexibilidade e características viscoelásticas das borrachas, o que torna as correias ideais para utilização entre motores e engrenagens
- Custo reduzido
- Maiores distâncias entre-eixos sem grande acréscimo de peso
- Não necessita de lubrificação
- Funcionamento silencioso

Em relação às limitações, as principais são:

- Necessidade de controlo e ajuste da tensão das correias
- Degradação progressiva dos materiais elastoméricos devido à exposição ambiental (temperatura, poeiras, humidade)
- Menor capacidade de transmissão de potência do que engrenagens e correntes

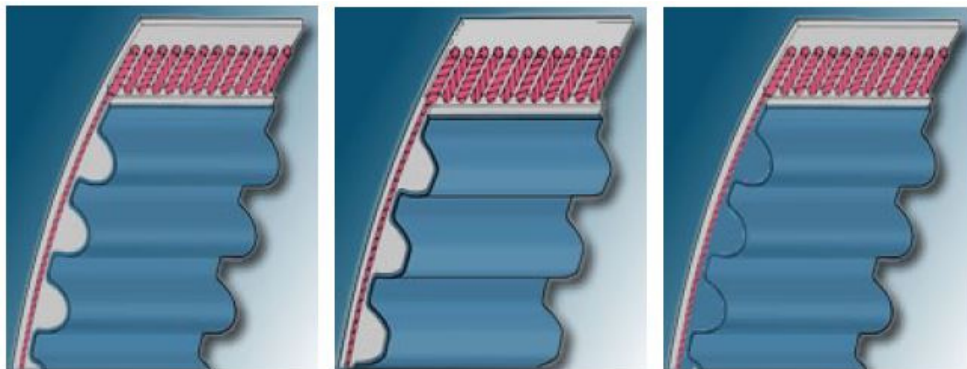


FIGURA 19 - ALGUNS TIPOS DE CORREIAS DENTADAS COM DIFERENTES PERFIS DE DENTES

II.2.2 Transmissões por Corrente

A utilização de correntes de transmissão é a forma mais comum de transmissão de potência, podendo ter diversos tipos de aplicação, desde aplicações simples como bicicletas a complexos sistemas de várias áreas, como equipamento industrial de elevada potência, equipamentos agrícolas ou sistemas de movimentação de cargas [1].

Este tipo de sistema de transmissão consiste em eixos dentados interligados entre si por uma corrente, sendo este tipo de transmissão utilizado quando é necessária uma velocidade constante e relativamente baixa, com uma pequena distância entre eixos [2].

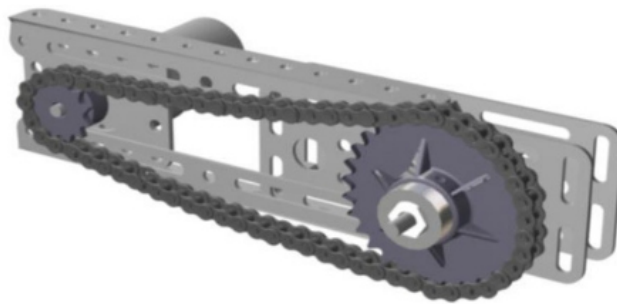


FIGURA 20 - EXEMPLO DE UM SISTEMA DE TRANSMISSÃO POR CORRENTE

Na maioria dos casos, a transmissão por correntes é utilizada em sistemas pesados, uma vez que este tipo de transmissão é constituído por materiais que permitem transmitir uma grande quantidade de energia no movimento. Estes sistemas de transmissão geram ruídos, choques e vibrações, devido ao atrito gerado pelo trabalho rotacional entre a engrenagem e a corrente.

Os sistemas de transmissão por corrente sofrem bastante desgaste devido à fadiga e à tensão superficial entre os elos. No entanto, se o sistema for bem dimensionado e bem utilizado, pode ter uma vida útil longa, com bom rendimento.

Outro aspeto a ter em conta é a qualidade do sincronismo devido à precisão de engate entre as engrenagens e a corrente, o que evita a ocorrência do fenómeno de escorregamento [3].

II.2.3 Motores Elétricos

Um motor elétrico é uma máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica.



FIGURA 21 - EXEMPLO DE MOTOR ELÉTRICO (MARCA WEG)

Segundo o Guia de Especificação de Motores Elétricos da marca WEG [4], os tipos de motores elétricos mais comuns são os seguintes:

- Motores de Corrente Contínua – São os motores com um custo mais elevado, e além disso necessitam de uma fonte de corrente contínua ou de um dispositivo que faça a conversão de corrente alternada para corrente contínua. Este tipo de motores pode funcionar com velocidade ajustável entre amplos. Por estas razões a sua utilização restringem-se a casos especiais nos quais estas especificidades compensam os muito mais elevados custos de instalação e de manutenção.
- Motores de Corrente Alternada – Este tipo de motores elétricos é o mais utilizado, uma vez que a distribuição da energia elétrica pela rede é normalmente feita em corrente alternada. Os principais tipos de motores de corrente alternada são:
 1. Motor síncrono – Funciona com velocidade fixa, ou seja, não há interferência do escorregamento. Este motor é normalmente utilizado para valores elevados de potência, devido ao elevado custo, que não compensa a sua utilização em aplicações de menor potência.
 2. Motor de indução – Funciona normalmente com uma velocidade constante, que varia ligeiramente com a carga mecânica aplicada ao eixo. Devido à simplicidade, robustez e baixo custo, é o tipo de motor elétrico mais utilizado, pelo que se pode considerar adequado para grande parte dos tipos de máquinas acionadas. Atualmente, é possível controlar a velocidades dos motores de indução com recurso a inversores de frequência. Estes motores combinam as vantagens da utilização da energia

elétrica (baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando) com a sua construção simples e versatilidade de adaptação a cargas dos mais variados tipos, além de permitirem melhores valores de rendimento. (Adaptado de WEG – Motores Elétricos – Guia de Especificação)

II.2.4 Motorredutores

Um motorreductor (ou redutor de velocidade) é um dispositivo mecânico que reduz a velocidade de rotação de um acionador, sendo um conjunto composto por um motor elétrico e um redutor de engrenagens, podendo ter diversas aplicações, desde equipamentos industriais até máquinas de parques de diversões [2].

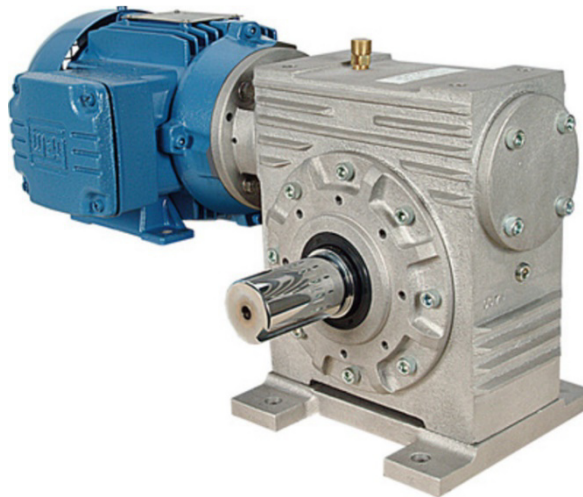


FIGURA 22 - MOTORREDUTOR (MARCA WEG)

O motorreductor é utilizado quando é necessária a adequação da rotação do acionador para a rotação necessária no dispositivo a ser acionado. A redução da rotação permite o aumento do binário disponível.

Existem diversos tipos e configurações de redutores de velocidade, sendo os mais comuns os redutores de velocidade por coroa e rosca sem-fim, uma vez que os custos de compra e manutenção dos mesmos são muito inferiores aos dos redutores de engrenagem.

II.3 Sensores

Segundo Ruocco [5], um sensor pode ser definido como um dispositivo capaz de converter uma quantidade de entrada (*input*) física não elétrica numa quantidade de saída (*output*) elétrica e de processá-la, de acordo com um determinado algoritmo, para fornecer uma saída (*output*) adequada para uma interface com um sistema de controlo de processo, como por exemplo um computador. Os sensores podem ser classificados de acordo com as suas características de *input/output* (entrada/saída). Relativamente à quantidade física de entrada estes dispositivos podem ser denominados como:

- Absolutos – Nos casos em que, dada uma margem fixa, o sinal de saída (*output*) elétrico pode representar todos os valores possíveis do sinal físico de entrada (*input*) sem ambiguidade;
- Incrementais – Quando não pode ser fixada uma origem para todos os pontos dentro do campo de medição e cada ponto é tomado como origem para o próximo.

A natureza da função de saída (*output*), por outro lado, determina se o dispositivo é:

- Analógico – Quando o sinal de saída (*output*) é contínuo e proporcional à quantidade física de entrada (*input*);
- Digital – Quando dada uma quantidade física contínua de entrada (*input*), o sinal de saída (*output*) só pode tomar uma série de valores discretos.

II.3.1 Sensor de Infravermelhos para Medição de Distâncias

De acordo com Morris [6], os sensores óticos são baseados na modulação de um feixe de luz que se propaga entre uma fonte e um detetor de luz, como mostrado na figura seguinte. A luz transmitida pode deslocar-se tanto através do ar como através de um cabo de fibra ótica. Qualquer uma das formas de transmissão (ar ou cabo de fibra ótica) torna o feixe imune a ruídos eletromagnéticos, além de este tipo de sensores ser mais seguro do que os sensores elétricos quando usado em ambientes perigosos.

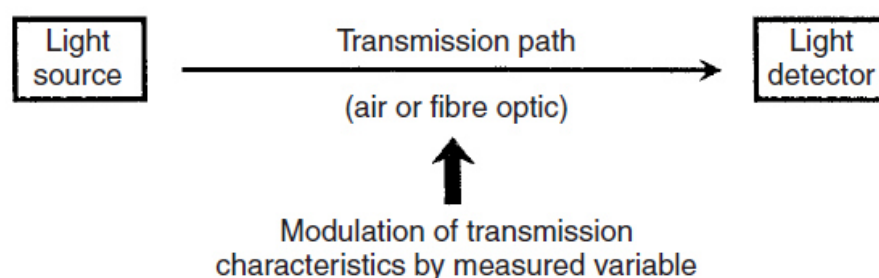


FIGURA 23 - PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DE UM SENSOR ÓTICO

As fontes de luz adequadas para a transmissão através do ar incluem lâmpadas com filamento de tungstênio, díodos laser e díodos emissores de luz (LED's). No entanto, como a luz proveniente de lâmpadas com filamento de tungstênio está normalmente dentro da parte visível do espectro da frequência da luz, é propensa a interferências por parte da luz solar ou de outras fontes. Consequentemente, no geral são usados no seu lugar LED's infravermelhos ou díodos laser infravermelhos, que emitem luz numa gama de frequência próxima da região do infravermelho e não são afetados pela luz solar.

As principais formas de detetores de luz usadas em sistemas óticos são as fotocélulas (sulfureto de cádmio ou seleneto de cádmio são os tipos mais comuns de fotocélula), foto transístores e fotodíodos. Estes dispositivos são todos fotocondutores (condutores de luz), cuja resistência é reduzida de acordo com a intensidade da luz à qual estão expostos. As fotocélulas e os fototransístores são particularmente sensíveis na zona do infravermelho, sendo, portanto, ideais como detetores de luz proveniente de LED's infravermelhos ou fontes de díodos laser.

Os sensores óticos cujo feixe se desloca através do ar são vulgarmente utilizados para medir proximidade, movimento de translação, movimento de rotação e concentração de gases.

II.3.2 Encoders

Segundo o documento Basics of How an Encoder Works, da empresa Encoders Product Company [7], um *encoder* é um dispositivo de deteção que fornece *feedback* do mundo físico, ao converter movimento num sinal elétrico que pode ser lido por dispositivos de controlo, como um contador ou um PLC (*Programmable Logic Controller*). O dispositivo de controlo pode depois utilizar esse sinal para controlar determinada ocorrência ou equipamento condicional, como por exemplo ativar uma ferramenta de corte ou ativar um transportador.



FIGURA 24 - EXEMPLO DE *ENCODER* INCREMENTAL

Os *encoders* utilizam diversas tecnologias para criar um sinal, como por exemplo tecnologias mecânicas, magnéticas, resistivas e óticas, sendo a tecnologia ótica a mais utilizada hoje em dia. Estes dispositivos podem produzir sinais incrementais ou absolutos. Os *encoders* incrementais fornecem um conjunto de ondas que indicam movimento entre duas posições diferentes, sendo que neste caso a informação fornecida pelo *encoder* não indica uma posição específica, mas apenas uma mudança de posição. No caso dos *encoders* do tipo absoluto é utilizada uma única “palavra” para indicar cada posição, o que significa que, além da informação da mudança de posição, é também indicada a posição absoluta do *encoder*.

Neste trabalho são apenas analisados os *encoders* incrementais óticos, o tipo mais vulgarmente utilizado.

Os *encoders* incrementais estão disponíveis com dois tipos básicos de sinais de saída, canal único e quadratura.

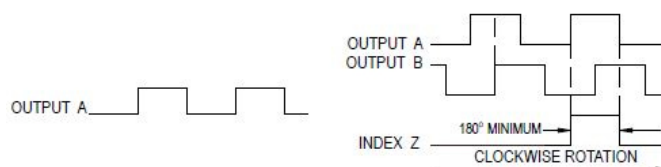


FIGURA 25 - TIPOS DE SINAIS DE SAÍDA: CANAL ÚNICO (ESQUERDA) E QUADRATURA (ESQUERDA)

Um *encoder* de canal único, também chamado de tacómetro, é normalmente utilizado em sistemas que rodam apenas numa direção e nos quais é necessário obter informações simples acerca da velocidade e da posição. Os *encoders* com sinal de quadratura possuem dois canais (A e B) desfasados em 90 graus elétricos. Estes dois sinais de saída permitem determinar a direção ou a rotação detetando o sinal de avanço ou de atraso em relação à sua fase.

Como é produzida a onda quadrada de um *encoder* incremental?

O diagrama seguinte mostra o princípio básico de construção de um *encoder* incremental.

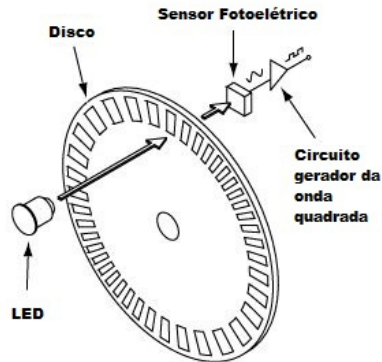


FIGURA 26 – PRINCÍPIO DE CONSTRUÇÃO DE UM *ENCODER* INCREMENTAL ROTATIVO

Um feixe de luz emitida por um LED atravessa um disco transparente no qual estão marcadas linhas opacas. Esse feixe de luz é captado por um sensor fotoelétrico, que produz uma onda sinusoidal que depois é transformada numa onda quadrada. Esta onda é depois enviada para um contador ou controlador que fará com que o sinal produza o efeito desejado, como indicação de posição ou número de rotações realizadas, por exemplo. O diagrama da figura anterior refere-se a um *encoder* rotativo tradicional. Os *encoders* incrementais podem fornecer um pulso uma vez por volta (geralmente chamado de referência, marcador ou índice), que ocorre no mesmo ponto mecânico da rotação do eixo do *encoder*. Este pulso encontra-se num canal de saída separado (canal Z) do canal único ou do canal da quadratura. O pulso de referência é normalmente usado para posicionar sistemas de controlo de movimento para um ponto de referência mecânica conhecido.

Resolução é um termo utilizado para descrever os Ciclos por Revolução (CPR – *Cycles Per Revolution*) no caso dos *encoders* incrementais. Cada *encoder* incremental tem um determinado número de ciclos que são gerados para cada 360 graus de revolução do seu eixo. Estes ciclos são monitorizados por um contador ou controlador de movimento e convertidos em contagens para controlo de posição ou de velocidade.

O diagrama seguinte mostra como é montado o *encoder*.

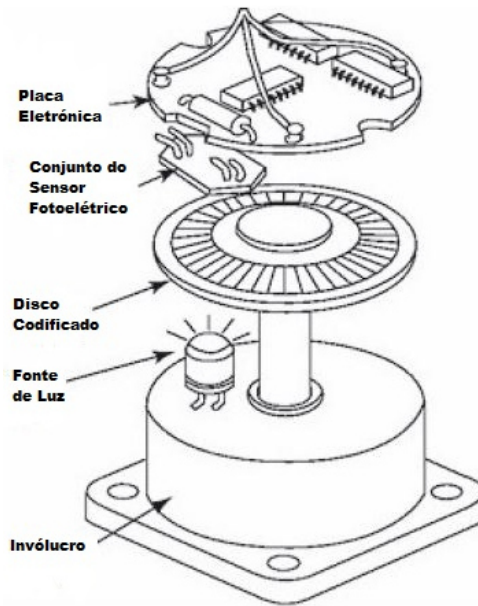


FIGURA 27 - MONTAGEM DO *ENCODER*

Os *encoders* têm muitas aplicações distintas, como por exemplo corte em comprimento, robótica, embalagem e transporte, automação e triagem, preenchimento e imagem. O processo é sempre o mesmo: o *encoder* gera uma contagem, envia-a para o controlador, que depois envia um sinal para uma máquina para executar uma determinada função.

II.4 Lubrificação

De acordo com Niemann [1] e Budynas [2], a lubrificação é essencial para garantir o bom funcionamento e a durabilidade da generalidade das transmissões mecânicas. Entre as suas principais funções destacam-se:

- Reduzir o atrito
- Reduzir o desgaste
- Dissipar calor
- Diminuir o ruído de funcionamento
- Proteger da corrosão e da entrada de partículas estranhas

É de salientar que as consequências do contacto efetivo entre partes móveis de transmissões mecânicas são muito mais graves do que uma visão macroscópica permite avaliar. De facto, o contacto processa-se entre asperezas microscópicas de superfícies, caracterizadas por determinados níveis de rugosidade. Logo, a área efetiva de contacto

entre superfícies é muito pequena, o que, a menos que houvesse uma lubrificação adequada, causaria tensões de contacto extremamente elevadas, acompanhadas por um acentuado aquecimento local. Logo, sem lubrificação, o desgaste seria rápido ou haveria bloqueio por soldadura localizada.

É, portanto, manifesta a necessidade de evitar o contacto metal-metal através da interposição de um lubrificante, que pode ser um óleo, uma massa consistente ou um filme sólido.

Capítulo III – Melhoria da Qualidade no Processo de Vidragem

Este capítulo aborda os processos de inspeção e vidragem, sendo descritas estas áreas fabris e os processos que nelas são realizados, bem como os equipamentos mecânicos móveis utilizados para o transporte das peças entre as diversas posições de trabalho, sendo posteriormente desenvolvida a metodologia de trabalho utilizada para melhorar os referidos processos.

III.1 Descrição dos Processos de Inspeção e Vidragem

O processo de inspeção é o conjunto de operações que são realizadas após a secagem da peça, no qual os operadores, de forma manual com recurso a ferramentas específicas, removem os excessos de pasta cerâmica e corrigem pequenas imperfeições nas peças antes das mesmas seguirem para vidragem [8]. A vidragem da peça cerâmica consiste na aplicação de vidro líquido sobre a peça cerâmica inspecionada, com recurso a robôs equipados com pistola de ar comprimido e movidos por braços mecânicos que permitem o movimento segundo seis eixos.

A área de inspeção e vidragem encontra-se equipada com quatro robôs de vidragem automática, sendo que cada um são vidradas apenas as peças que passam nas suas linhas de inspeção. Cada robô tem duas linhas de inspeção independentes, sendo cada linha de inspeção constituída por uma cabine de inspeção e vários equipamentos de transporte de peças. As duas linhas de inspeção de um determinado robô são alimentadas através de um portal no qual os AGV's depositam as peças prontas a inspecionar.



A)



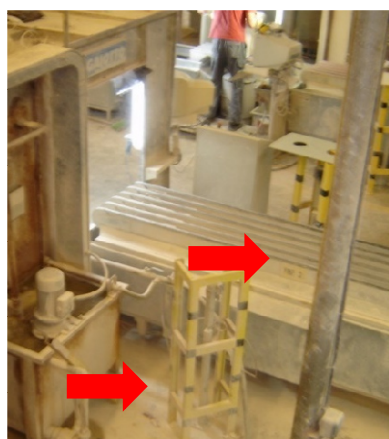
B)

FIGURA 28 - LINHAS DE INSPEÇÃO - ROBÔS 1 E 2 (A); ROBÔS 3 E 4 (B)

Cada cabine de inspeção está equipada com um tornilho (ou bancada rotativa) constituído por seis perfis de alumínio revestidos por esponja com movimento ascendente e descendente, um computador, um sistema de medição de distância por laser e instrumentos para inspeção das peças cerâmicas.



FIGURA 29 - CABINE DE INSPEÇÃO



A)



B)

FIGURA 30 - SISTEMA DE MEDIÇÃO DE DISTÂNCIA POR LASER – VISTA DO EXTERIOR DA CABINE (A); DETALHE (B)

A linha de cada cabine de inspeção (no caso dos robôs n.º 1 e n.º 2) dispõe uma cabine de inspeção, um transferidor linear e uma passadeira com fitas de material antiderrapante; no caso dos robôs n.º 3 e n.º 4 não existe passadeira, sendo as peças

transferidas com recurso a um transferidor rotativo e elevatório, um tornilho elevatório intermédio e um transferidor linear. No final da passadeira ou na última posição do transferidor linear existe um transportador com movimento de quatro eixos, conhecido como *shuttle*, que coloca as peças nos bancos do carrossel de vidragem desse robô.

Durante o processo de inspeção, as peças são inspecionadas manualmente pelos operadores das cabines de inspeção, que eliminam ao máximo as imperfeições e resíduos de pasta cerâmica das peças provenientes da secção de Olaria, com recurso a esfregões, esponjas, lâminas e espátulas próprias para o efeito.

Após a inspeção da peça cerâmica, o código de barras da mesma é lido no sistema informático, que indica se a peça tem ou não cotas de laser atribuídas. No caso de haver cotas de laser atribuídas, é efetuado o posicionamento da peça com recurso ao sistema de medição por laser, que consiste na medição da distância do laser à peça, sendo a leitura da distância apresentada num monitor que indica ao operador a forma correta de posicionar a peça; se a peça não tiver distância definida, o operador deve posicionar a peça de acordo com pontos definidos nas barras do tornilho de inspeção.

Depois de devidamente posicionada no tornilho da cabine de inspeção, o tornilho é trancado e as peças são transportadas de forma automatizada ao longo de uma série de transferidores até ao banco do carrossel de vidragem. Em primeiro lugar um transferidor linear retira a peça do tornilho e coloca-a sobre a passadeira.



A)



B)

FIGURA 31 A) E B)- TRANSFERIDOR LINEAR EM POSIÇÃO ESTACIONÁRIA (A); EM POSIÇÃO DE RECOLHA DO TORNILHO (B)



FIGURA 32 - PASSADEIRA DE INSPEÇÃO

À medida que as peças vão sendo recolhidas do tornilho a passadeira avança, e as peças são recolhidas por um *shuttle* ou transportador de quatro movimentos (elevatório, rotativo, longitudinal e transversal) que deposita as peças nos bancos do carrossel de vidragem.

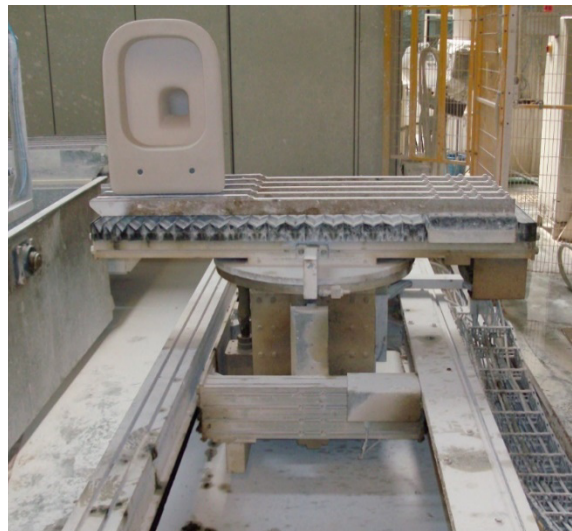


FIGURA 33 - *SHUTTLE* COM MOVIMENTO DE 4 EIXOS



FIGURA 34 - BANCO DO CARROSSEL

Algumas peças, no entanto, seguem antes do robô para uma máquina de vidrar sifões e bacias, onde é introduzido vidro líquido pelo tubo de descarga de forma a que todo o interior do sifão e da bacia fiquem vidrados; esta máquina situa-se entre as passadeiras das cabines de inspeção de cada robô (no caso dos robôs de vidragem n.º 1 e n.º 2) e ao lado da cabine de inspeção (no caso do robô n.º 3, em que as peças têm depois de ser enviadas da cabine de inspeção). O robô n.º 4 não dispõe atualmente de máquina de vidrar sifões.

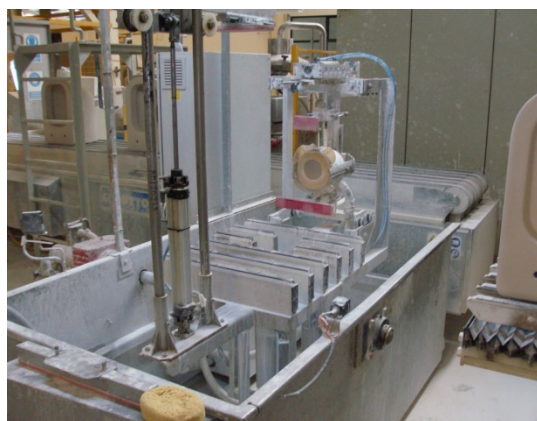


FIGURA 35 - MÁQUINA DE VIDRAR SIFÕES

À chegada ao processo de vidragem as peças cerâmicas têm já a sua forma final, tendo já sido removidos os excessos de pasta cerâmica e imperfeições resultantes de processos anteriores.

Assim que as peças são depositadas no banco do carrossel de vidragem, o carrossel roda, de forma a colocar o banco em frente ao robô e tem início a execução do programa de vidragem.

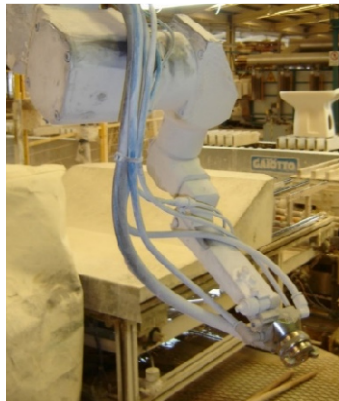
O processo de vidragem consiste na aplicação de uma camada de vidro em estado líquido sobre as peças previamente inspecionadas, com recurso a um robô de vidragem equipado com um braço mecânico (que permite movimentos segundo seis eixos) e uma pistola que debita ar comprimido e vidro líquido, criando um “leque” de vidro que se irá depositar sobre a peça cerâmica.



FIGURA 36 - ROBÔ DE VIDRAGEM

O programa de vidragem que o robô executa é a replicação dos movimentos efetuados manualmente por um vidrador. Este vidrador executa os movimentos necessários para que, de acordo com a morfologia de determinada peça, a vidragem fique devidamente executada. Estes movimentos são guardados no sistema de controlo do robô e são posteriormente replicados por este aquando da execução do programa de vidragem.

Em alguns casos, devido ao aparecimento de certos defeitos nas peças, é necessário fazer ajustes ao programa de forma a evitar a elaboração de um novo programa de vidragem, pois este processo é demorado e implica a paragem de toda a linha.



A)



B)

FIGURA 37 - PISTOLA DO ROBÔ DE VIDRAGEM (A); ROBÔ DE VIDRAGEM EM FUNCIONAMENTO (B)

Estando as peças colocadas no carrossel do robô de vidragem, este move-se rotativamente até que o banco esteja na posição à frente do robô, dando-se então início à vidragem através da execução de um programa previamente concebido e guardado no sistema, processo que dura entre 2 a 5 minutos, dependendo do modelo da peça. Quando o programa de vidragem termina, o carrossel roda novamente e o excesso de vidro do pé da peça é limpo com recurso a limpadores automáticos, sendo depois transferida por um transportador rotativo para uma passadeira de enfora, onde é colocado o logótipo da empresa, sendo depois transportada manualmente para uma vagona para dar entrada no forno túnel, no qual é cozida a cerca de 1200°C durante aproximadamente 20 horas.

III.2 Identificação das Causas do Problema

No sentido de encontrar a origem dos defeitos de Inspeção e Vidragem, foi elaborado um Diagrama de Ishikawa (Diagrama de Causa e Efeito), que permite compreender o defeito que ocorre e as suas possíveis causas que lhe dão origem, estruturando-as de forma hierárquica.

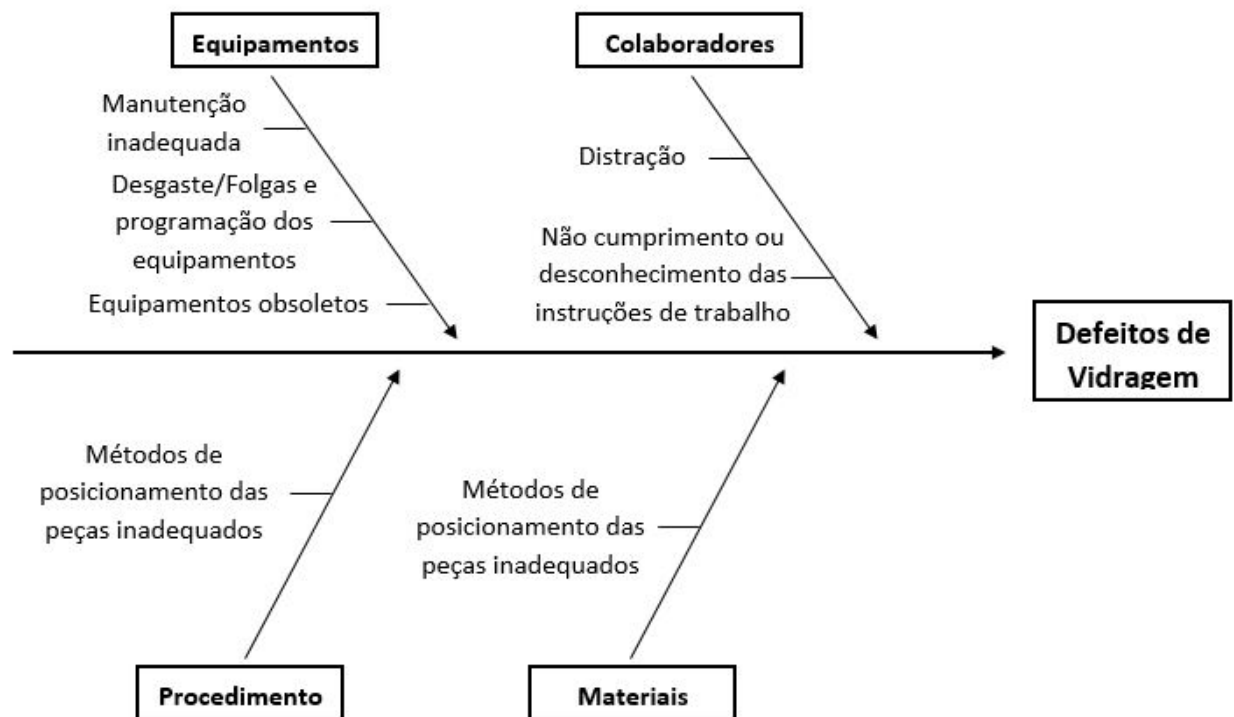


FIGURA 38 - DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DOS PROBLEMAS DE VIDRAGEM

Como se pode observar pelo diagrama anterior, os defeitos de vidragem podem ter origem nos colaboradores (por distração, não cumprir ou desconhecer as instruções de trabalho), nos equipamentos (dispositivos de transporte de peças, sensores e fatores associados aos mesmos), nos materiais utilizados no processo (composição do vidro) ou mesmo devido ao procedimento utilizado para o posicionamento das peças.

III.3 Metodologia para Resolução do Problema

O principal objetivo do trabalho a desenvolver durante a realização do Projeto é a implementação de melhorias no processo de vidragem da empresa Sanindusa 2. Analisando os dados disponíveis no programa de gestão da produção verifica-se uma grande incidência de defeitos de vidragem, responsáveis por parte significativa das peças classificadas como inutilizado e das peças encaminhadas para retoque.

O trabalho foi feito em quatro fases:

- 1.^a Fase – Análise detalhada do processo de inspeção e vidragem e levantamento dos problemas relacionados com a qualidade que podem estar associados a este mesmo processo; Criação de ferramentas de trabalho adequadas para o trabalho a realizar

- 2.ª Fase – Levantamento das possíveis causas dos problemas detetados. Os dados recolhidos nesta fase serão usados para desenvolver propostas de melhoria que possam posteriormente ser implementadas, sendo ainda analisados os resultados que as mesmas possam trazer ao processo de vidragem de peças cerâmicas com recurso a robôs de vidragem
- 3.ª Fase – Estabelecimento de instruções de trabalho claras para que os operadores de inspeção posicionem a peça cerâmica na posição pretendida para posterior encaminhamento para vidragem; Ajuste dos parâmetros dos equipamentos de transporte de peças para minimizar as alterações de posicionamento das peças cerâmicas entre o tornilho da cabine de inspeção e o banco do carrossel de vidragem
- 4.ª Fase – Avaliação da qualidade de vidragem obtida com as medidas implementadas e correção da posição da peça no tornilho e, conseqüentemente, no banco do carrossel de vidragem, nos casos em que tal se revela necessário

Na primeira fase foram elaboradas as folhas técnicas (designadas internamente por folhas da peça) para recolha dos dados de posicionamento das diferentes peças em cada posição/equipamento entre a cabine de inspeção e o robô de vidragem. Estas folhas foram criadas melhorando um modelo pré-existente que apenas permitia o registo das posições no tornilho de inspeção e no banco do carrossel de vidragem. Uma vez que a morfologia das linhas de inspeção é diferente, foram criados dois modelos de folhas, um para os Robôs 1 e 2 e outro para os Robôs 3 e 4, que apenas diferem na segunda página, ou seja, na parte correspondente aos transferidores entre a cabine e o *shuttle*. Nos Anexos 1, 2 e 3 encontram-se as folhas da peça desenvolvidas.

Após a elaboração das referidas folhas técnicas passou-se à fase das medições do posicionamento das peças em cada posição/equipamento. Para realizar estas medições foram usados uma fita métrica e um esquadro do departamento de qualidade da empresa com as dimensões de 300 mm por 200 mm, ilustrado na figura seguinte.



FIGURA 39 - ESQUADRO DO DEPARTAMENTO DA QUALIDADE

Com o início das medições, chegou-se à conclusão de que este esquadro teria dimensões inadequadas para fazer as medições de algumas peças em determinados pontos, visto as suas dimensões serem relativamente grandes, não permitindo a utilização de alguns pontos de referência. Assim sendo, foi feito um levantamento de quais poderiam ser as dimensões adequadas para o esquadro, tendo sido depois pedido o seu fabrico ao Departamento de Manutenção. Assim, passou a ser usado o seguinte esquadro para a realização de todas as medições.



FIGURA 40 - NOVO ESQUADRO – MEDIÇÃO DO COMPRIMENTO



FIGURA 41 - NOVO ESQUADRO - MEDIÇÃO DA LARGURA

Este novo esquadro tem as dimensões de 213 mm por 120 mm, dimensões consideradas adequadas à realização do trabalho em questão.

Com o início do processo de medição no Robô 1, de forma a averiguar se os posicionamentos respeitavam os definidos aquando da elaboração dos programas de vidragem, foram notados desvios no posicionamento das peças, sobretudo entre as

posições de fim da passadeira e carrossel do robô, tanto no sentido longitudinal da peça vista de frente (no sentido do comprimento da peça) como no sentido transversal (largura da peça), pelo que se tentou averiguar a sua ordem de grandeza e potenciais causas. Para tal, utilizou-se um laser de medição de distâncias, inicialmente fixo no carril do *shuttle* de modo a medir a sua posição longitudinal e apontado a uma chapa fixa do eixo do *shuttle*, sendo posteriormente colocado junto à rede de proteção do robô para medir a posição de paragem do *shuttle* em relação à rotação sobre o seu próprio eixo, apontado à extremidade do garfo do *shuttle*. Estas medições mostravam variações na posição de paragem longitudinal de paragem do *shuttle* para descarga no carrossel da ordem do 5 mm, tanto no movimento longitudinal como no movimento de rotação.



FIGURA 42 A) E B) - LASER NO CARRIL DO SHUTTLE (MOV. LONGITUDINAL) (A); PONTO DE MEDIÇÃO LONG. NO SHUTTLE (B)



FIGURA 43 A) E B) – LASER NA POSIÇÃO DE MEDIÇÃO DA ROTAÇÃO(A); PONTO DE MEDIÇÃO DA ROTAÇÃO NO SHUTTLE (B)

Uma vez que as diferenças detetadas poderiam ter grande influência no adequado posicionamento das peças no carrossel de vidragem, influenciando também todas as medições que se pudessem vir a efetuar, foi pedido ao Departamento de Manutenção

que alterasse os parâmetros de movimentação do *shuttle*, nomeadamente ao nível da velocidade dos movimentos e da tolerância posicional nos pontos de recolha e depósito da peça. Com estas alterações foi possível obter valores mais estáveis entre movimentos, o que permite eliminar esta variável como uma das que mais influência tem na posição final antes da vidragem.

Tendo em conta os desvios de posicionamento detetados no Robô 1, o processo descrito anteriormente foi também realizado nos restantes robôs, não tendo sido, no entanto, verificados desvios na posição de descarga do *shuttle*. Por desvios significativos entende-se uma diferença de cota superior a três milímetros para a mesma posição do *shuttle*.

Após serem efetuados os referidos ajustes nos parâmetros de movimentação do *shuttle*, nomeadamente tolerâncias e velocidade dos movimentos, foi então iniciado o processo de medição das diferentes peças nos diferentes transferidores.

Inicialmente a peça era colocada no tornilho de inspeção com o posicionamento indicado nas folhas da peça já existentes no Departamento de Produção, dando-se depois seguimento ao movimento ao longo dos diferentes equipamentos. Assim que a peça era depositada no banco do carrossel de vidragem e o *shuttle* recolhia uma outra peça da passadeira, a linha de vidragem era parada para se averiguar a posição da peça no carrossel, medindo a distância à chapa do *shuttle* e às extremidades do banco do carrossel. Caso as cotas estivessem de acordo com o previamente definido, a linha de vidragem era novamente colocada em funcionamento e acompanhada a vidragem da peça; caso contrário a peça era deslocada no próprio banco para a posição indicada, anotando-se, no entanto, as cotas efetivamente medidas, colocando-se depois a linha em funcionamento. Após a conclusão da vidragem, era avaliada a qualidade da vidragem, verificando a localização de eventuais excessos e/ou faltas de vidro. Nas situações em que estes defeitos eram detetados, procedia-se à colocação de uma outra peça no banco do carrossel, fazendo ligeiros ajustes no posicionamento da peça de forma a eliminar ou atenuar os referidos defeitos e anotando as cotas da peça.

Este processo era feito até serem obtidos os resultados mais satisfatórios ao nível da vidragem, sendo assim definida a posição ideal de vidragem para as peças provenientes das duas linhas de vidragem do mesmo robô. Após definidas as cotas ideais de vidragem, procurava-se encontrar a posição correta nos tornilhos de inspeção, enviando as peças para vidragem e registando os posicionamentos obtidos, fazendo-se os ajustes necessários na posição no tornilho até obter o resultado pretendido. Depois de definidas as cotas corretas no tornilho de inspeção, era colocada uma peça nessa posição e registadas as cotas de laser dessa mesma posição, cotas essas que passariam a ser usadas para o posicionamento das peças com recurso ao sistema de medição de distância por laser.

Estando definidas as cotas corretas para o posicionamento da peça no tornilho de inspeção, enviavam-se quatro peças do mesmo modelo a partir de cada cabine, sendo medidas e registadas as cotas da peça em todos os diferentes equipamentos entre as cabines de inspeção, nomeadamente no tornilho de inspeção, no transferidor linear, na extremidade da passadeira mais próxima do robô, em cima do *shuttle* (no seu movimento de ascensão na passadeira) e no banco do carrossel de vidragem, tendo em conta pontos de referência previamente definidos.



FIGURA 44 - MEDIÇÃO DA POSIÇÃO LONGITUDINAL DA PEÇA (ATRÁS; À FRENTE) E TRANSVERSAL NO TORNILHO DE INSPEÇÃO



FIGURA 45 - MEDIÇÃO DA POSIÇÃO TRANSVERSAL DA PEÇA NO TRANSFERIDOR LINEAR



FIGURA 46 - MEDIÇÃO DA POSIÇÃO LONGITUDINAL DA PEÇA (ATRÁS; À FRENTE) NA ÚLTIMA POSIÇÃO DA PASSADEIRA



FIGURA 47 - MEDIÇÃO DA POSIÇÃO TRANSVERSAL DA PEÇA NA ÚLTIMA POSIÇÃO DA PASSADEIRA



FIGURA 48 - MEDIÇÃO DA POSIÇÃO TRANSVERSAL DA PEÇA NO SHUTTLE



FIGURA 49 - MEDIÇÃO DA POSIÇÃO LONGITUDINAL DA PEÇA (ATRÁS; À FRENTE) NO CARROSSEL DE VIDRAGEM



FIGURA 50 - MEDIÇÃO DA POSIÇÃO TRANSVERSAL DA PEÇA NO CARROSSEL DE VIDRAGEM; DETALHE DO PONTO DE MEDIÇÃO

No final do processo de processo de medição era elaborada uma folha técnica, onde constavam esquemas da posição da peça em cada equipamento e as cotas neles medidas, sendo cada valor uma média das cotas de cada peça do mesmo modelo registadas em cada um dos pontos de medição. Estas folhas eram depois colocadas ao dispor dos colaboradores da empresa, de forma a ser sempre possível saber qual a posição correta de determinada peça em dado equipamento, caso eventualmente fosse detetado algum problema de vidragem relacionado com o posicionamento das peças. É importante referir que nas folhas técnicas constam as fotografias onde é mostrada a forma correta de medir a posição da peça em cada equipamento, para que a informação fosse clara.

Capítulo IV – Resultados

Neste capítulo é feita uma análise geral e peça a peça dos dados da produção relativamente aos defeitos relacionados com a vidragem detetados após a cozedura das peças, comparando a frequência dos defeitos antes e depois de serem realizados ajustes no posicionamento da peça, de forma a avaliar se as correções tiveram efeitos práticos positivos.

A tabela seguinte mostra, em unidades e em percentagem em relação ao total de peças produzidas, a classificação das peças produzidas durante o ano de 2016.

	Ano 2016	Em Unidades
Total de Peças Classificadas como Comerciais	57,25%	270707
Total de Peças Classificadas como Recozedura/Retoque	30,60%	144693
Total de Peças Classificadas como Inutilizado	12,15%	57452
Total Geral de Peças	100,00%	472856
Total Geral Sem Retoque	69,40%	328163

TABELA 1 - ESTATÍSTICAS GERAIS DA PRODUÇÃO (ANO 2016)

Como se pode observar, apenas 57,25 % de toda a produção anual se encontrava em estado de comercialização logo após a primeira cozedura. Havia também um desperdício de 12,15% de todas as peças produzidas, que eram diretamente encaminhadas para quebra.

Na próxima tabela é quantificado o impacto das peças classificadas como retoque nos totais de produção da empresa. Como se pode observar, o pelado é o principal defeito relacionado com a vidragem que leva a que as peças sejam encaminhadas para retoque. No ano de 2016 foram encaminhadas para retoque 53766 peças, representando 37,16% de todas as peças encaminhadas para retoque.

Recozedura/Retoque	Ano 2016	Em Unidades
40 - Falta de Vidro	7,03%	10171
41 - Pelado	29,53%	42724
42 - Excesso de Vidro	0,60%	871
Total dos Defeitos Anteriores	37,16%	53766
Total de Peças Classificadas como Retoque	100,00%	144693

TABELA 2 - ESTATÍSTICAS DO RETOQUE (ANO 2016)

A tabela abaixo mostra a estatística das peças classificadas como inutilizado na produção da empresa. Como se pode observar, neste caso o excesso de vidro é o principal defeito relacionado com a vidragem, sendo responsável por 4222 peças encaminhadas para quebra.

Inutilizado	Ano 2016	Em Unidades
40 - Falta de Vidro	1,51%	867
41 - Pelado	2,58%	1482
42 - Excesso de Vidro	7,35%	4222
Total dos Defeitos Anteriores	11,44%	6571
Total de Peças Classificadas como Inutilizado	100,00%	57452

TABELA 3 - ESTATÍSTICAS DO INUTILIZADO (ANO 2016)

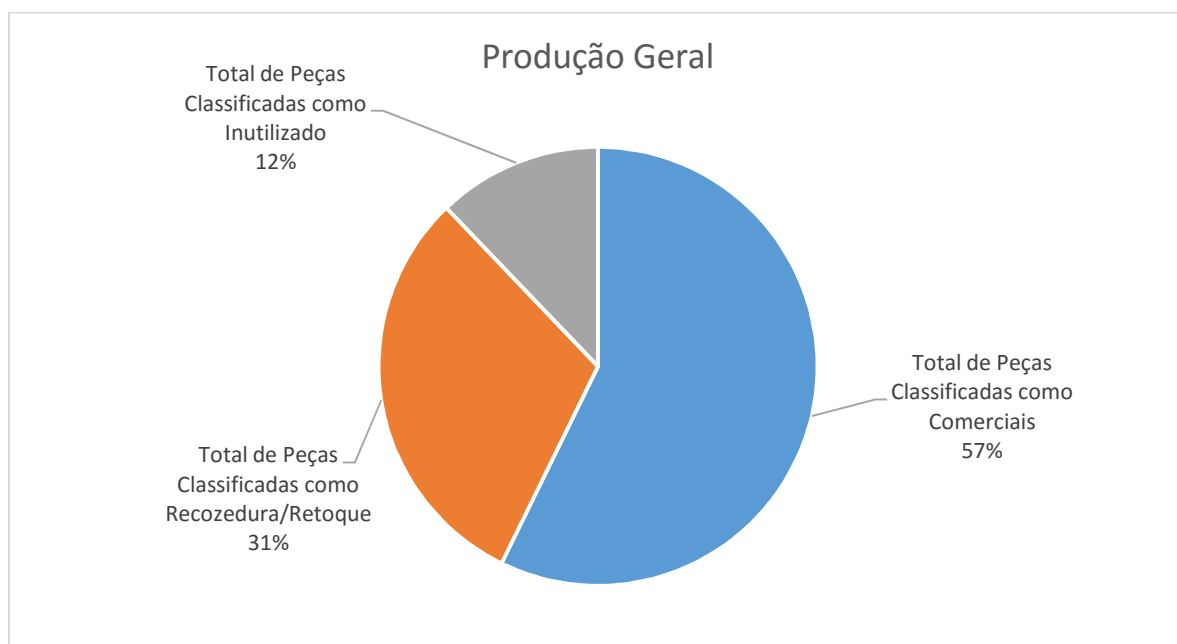


GRÁFICO 1 - RESULTADOS GERAIS DE PRODUÇÃO (ANO 2016)

O gráfico seguinte mostra a distribuição das peças que foram encaminhadas para retoque por defeitos relacionados com a vidragem.

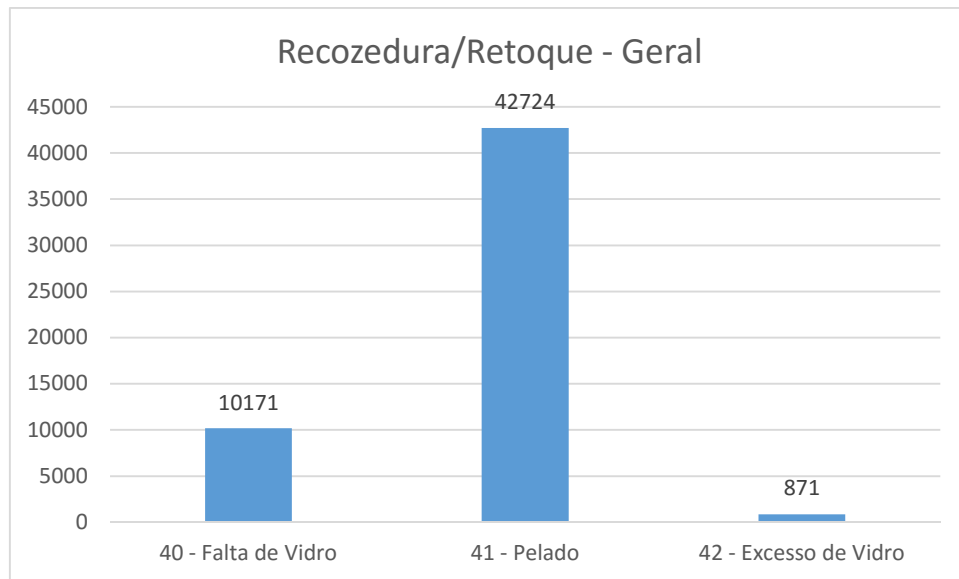


GRÁFICO 2 - RESULTADOS DA VIDRAGEM (RETOQUE) – ANO 2016

Na tabela seguinte pode observar-se que o excesso de vidro é, de entre os defeitos com origem na vidragem, aquele que mais contribui para o elevado número de peças destruídas.

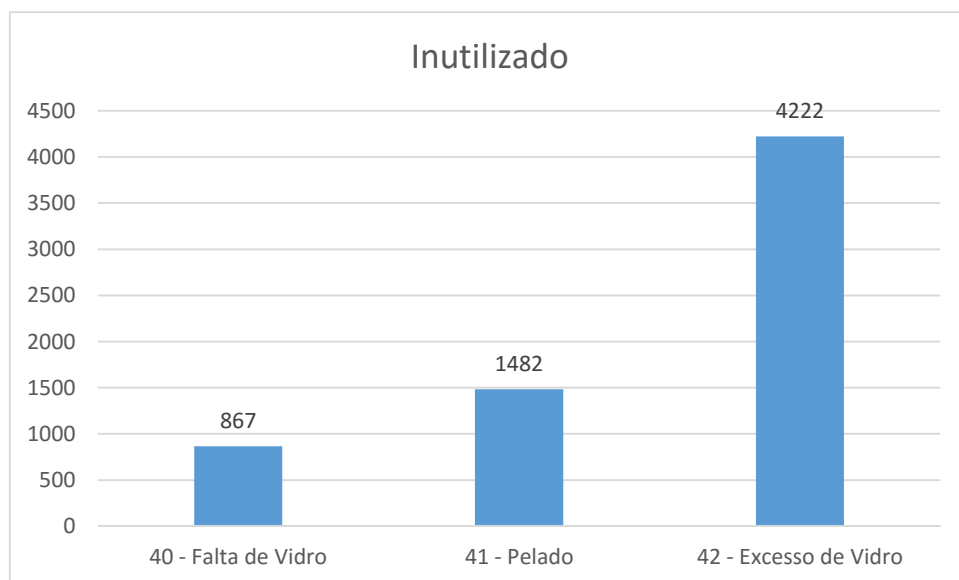


GRÁFICO 3 – RESULTADOS DA VIDRAGEM (INUTILIZADO) – ANO 2016

IV.1 Modelo 1 - Sanita Compacta Alfa DC (100021)

Este modelo de peça apenas era vidrado no Robô 2, não dispondo inicialmente de cotas definidas para o posicionamento com recurso ao sistema de medição por laser, pelo que era posicionado de acordo com marcações feitas nas barras do tornilho de inspeção.

Dado que foram reportados valores elevados de peças classificadas como inutilizado ou retoque, foi observada a vidragem deste modelo junto ao robô e imediatamente após a vidragem, concluindo-se que havia tendência para a acumulação de vidro na lateral do sifão e na pala. Assim sendo, foram feitos ajustes na posição da peça cerâmica no banco do carrossel de vidragem, sendo registadas as posições à medida que iam sendo testadas, até se chegar a um resultado de vidragem considerado satisfatório. De seguida fizeram-se ajustes na posição no tornilho das duas cabines de inspeção do Robô 2 até que a peça enviada de cada cabine chegasse ao banco do carrossel na posição pretendida, sendo depois definidas as cotas para o posicionamento com recurso ao sistema de lasers, para cada cabine.

Após serem definidas as posições corretas nas cabines de inspeção e no banco do carrossel de vidragem, foram enviadas quatro peças deste modelo de cada uma das cabines de inspeção, sendo registadas as cotas da peça em cada uma das posições de medição intermédia. No final das medições, foi feita a média dos valores obtidos em cada posição, e esse passou a ser o valor indicado como o correto na folha técnica.

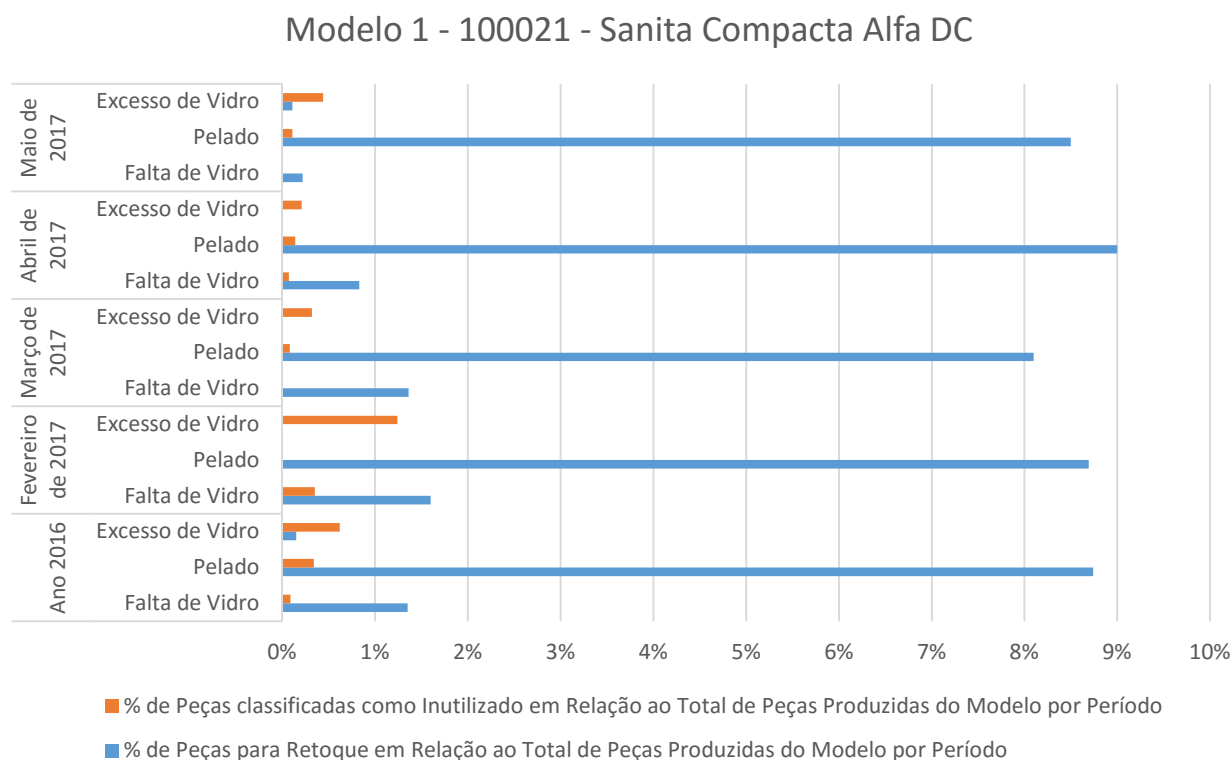


GRÁFICO 4 - EVOLUÇÃO DOS DEFEITOS DE VIDRAGEM - MODELO 1

Como se pode observar no gráfico anterior, a incidência do defeito Falta de Vidro foi sendo reduzida ao longo tempo, tanto em peças para retoque como inutilizadas, chegando mesmo a não ser registada qualquer peça inutilizada por falta de vidro no mês de maio.

No que respeita ao defeito Pelado, houve uma redução das peças classificadas com este defeito, apenas se verificando um aumento no mês de abril, tanto nas peças para retoque como inutilizadas, que pode ser explicado por uma avaria no sistema de controlo dos caudais de vidro aplicados pelo robô. – Ver as anotações neste parágrafo, se é possível utilizar alguma das ferramentas

Em relação ao defeito Excesso de Vidro, houve uma redução gradual das peças classificadas como inutilizado e como retoque até ao mês de abril. A partir do mês de maio houve um aumento da incidência deste defeito, o que indiciava algum problema relacionado com o programa de vidragem, visto que foram despistados possíveis desvios da posição da peça em relação ao previamente definido. Desta forma, foi solicitada a elaboração de um novo programa de vidragem, que já não foi acompanhada por ter acabado o período de estágio.

IV.2 Modelo 2 - Sanita Compacta Alfa DP (100022)

A intervenção neste modelo foi realizada no fim do mês de abril de 2017, devido à excessiva quantidade de peças com defeitos de vidragem que começavam a surgir. Este modelo apenas era vidrado no Robô 2, não dispondo, aquando do início da intervenção, de cotas definidas para o posicionamento com recurso ao sistema de medição por laser, sendo posicionado de acordo com marcações feitas nas barras do tornilho de inspeção.

Após observação direta da vidragem e do resultado da mesma, e também a partir da informação proveniente da secção de escolha, notou-se que havia uma grande tendência de acumulação de vidro na lateral direita e na parte frontal do sifão. Para resolução deste problema, a peça foi deslocada para a frente e para a direita relativamente à posição em que chegava ao banco do carrossel, de forma a atenuar ou eliminar este defeito. Uma vez que o deslocamento lateral foi significativo (na ordem dos 10 mm), resolveu-se o problema do excesso de vidro na lateral direita, aparecendo, no entanto, falta de vidro na lateral esquerda. Para resolver este problema de falta de vidro foi elaborado um programa de acrescento, executado imediatamente após o programa de vidragem principal, tendo assim ficado resolvidos os defeitos detetados. Já com a posição no banco do carrossel devidamente definida, foram também ajustadas as posições nos tornilhos das duas cabines de inspeção do Robô 2, sendo também definidas as cotas para o posicionamento com recurso ao sistema medição por laser.

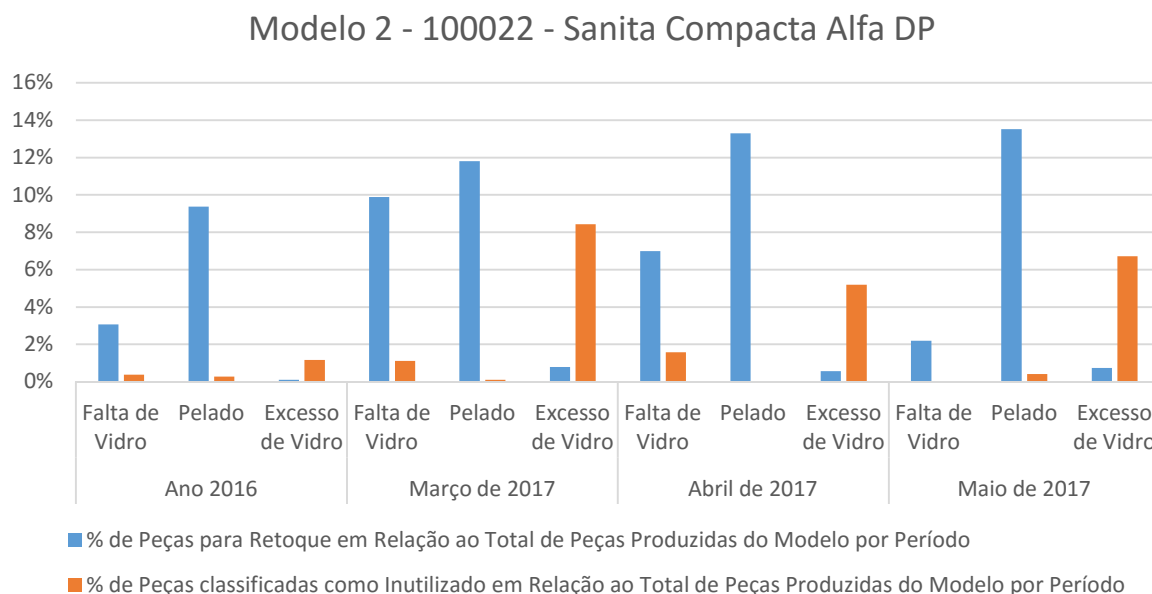


GRÁFICO 5 - EVOLUÇÃO DOS DEFEITOS DE VIDRAGEM (MODELO 2)

Pela observação do gráfico anterior, nota-se que, o impacto do defeito falta de vidro foi sendo reduzido ao longo do tempo, tendo mesmo sido eliminado no mês de maio de 2017. No que diz respeito ao defeito pelado, os valores de incidência mantiveram-se aproximadamente constantes. Em relação ao defeito excesso de vidro, mesmo tendo sido feito o ajuste na posição da peça no banco do carrossel, houve um aumento significativo, possivelmente devido ao ajuste que foi feito no programa de vidragem aquando da alteração da posição no banco do carrossel, pelo que foi pedida a elaboração de um novo programa de vidragem, que não foi possível acompanhar devido ao término do período de estágio.

IV.3 Modelo 3 - Sanita Compacta Aveiro Confort DP (103024)

Este modelo apenas dispunha de programa de vidragem no Robô 4, mas visto que não era produzido há algum tempo, foi necessário verificar se a posição definida na folha da peça anterior se mantinha correta. Foi necessário fazer pequenos ajustes na posição no banco do carrossel, fazendo também as alterações necessárias na posição da peça nos tornilhos das duas cabines de inspeção do Robô 4, definindo, posteriormente, as cotas para o sistema de posicionamento com recurso a laser, que ainda não estavam atribuídas e, após medição das posições nos transferidores intermédios, foi atualizada a respetiva folha da peça.

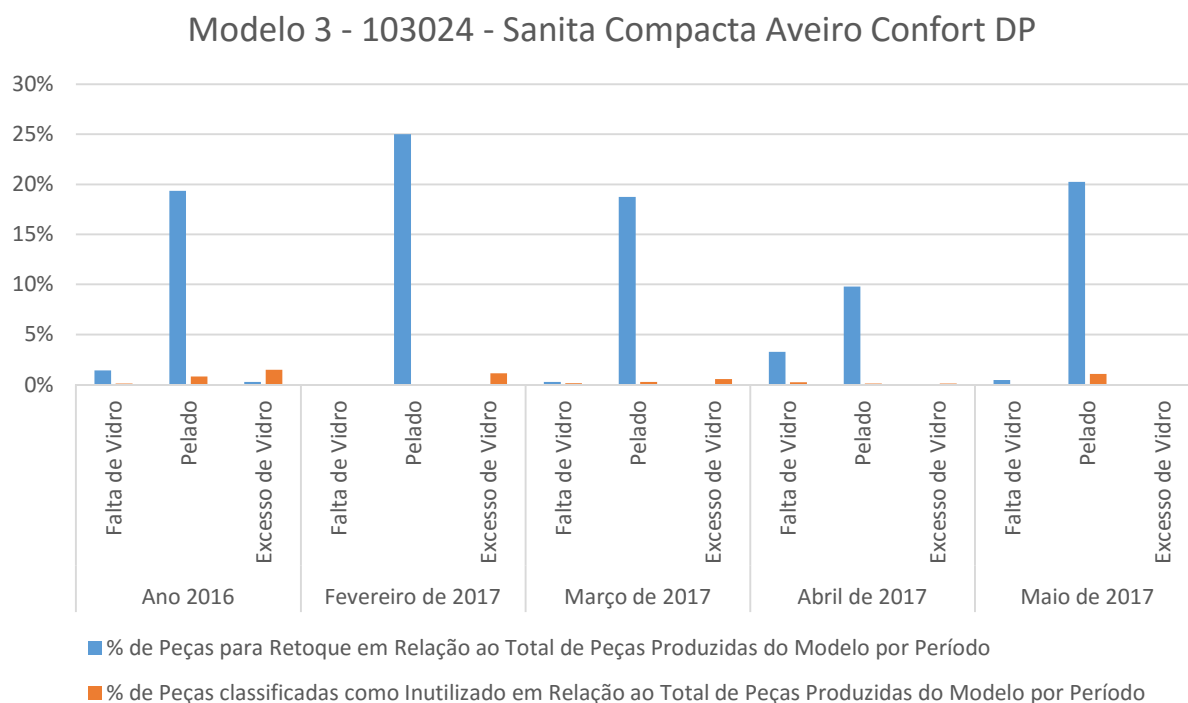


GRÁFICO 6 – EVOLUÇÃO DOS DEFEITOS DE VIDRAGEM – MODELO 3

Pela observação do gráfico anterior, pode concluir-se que houve uma constante redução da incidência do defeito falta de vidro ao longo dos meses, tanto no retoque como no inutilizado, apesar do pequeno aumento no inutilizado em abril. Em relação ao pelado, a incidência manteve-se constante em termos de peças para retoque e foi reduzida nas peças inutilizadas, apesar do pico em abril. No que respeita ao defeito excesso de vidro, verificou-se a redução da sua incidência, devido aos ajustes que foram sendo feitos ao longo dos meses de março e abril, tendo-se mesmo verificado a não existência de peças cozidas com este tipo de defeito nos meses de abril e maio.

IV.4 Modelo 4 - Sanita Compacta New Day DT (113023)

Este modelo já não era produzido há algum tempo e não havia folha da peça que indicasse a posição de vidragem em nenhum dos quatro robôs. Após verificação manual das consolas dos robôs, constatou-se que apenas havia programa de vidragem desta peça no Robô 1. Não havendo posição de vidragem definida, foi necessário testar a vidragem segundo diferentes posições da peça no banco do carrossel, de forma a encontrar a posição que permitia obter melhores resultados de vidragem. Encontrada essa posição no banco do carrossel, procurou-se encontrar a posição no tornilho das duas cabines de inspeção e, quando a mesma foi definida, atribuiu-se as cotas correspondentes para o posicionamento com recurso ao sistema de lasers. Posteriormente foram realizadas as medições das posições da peça em todos os transferidores intermédios e elaborada a respetiva folha da peça.

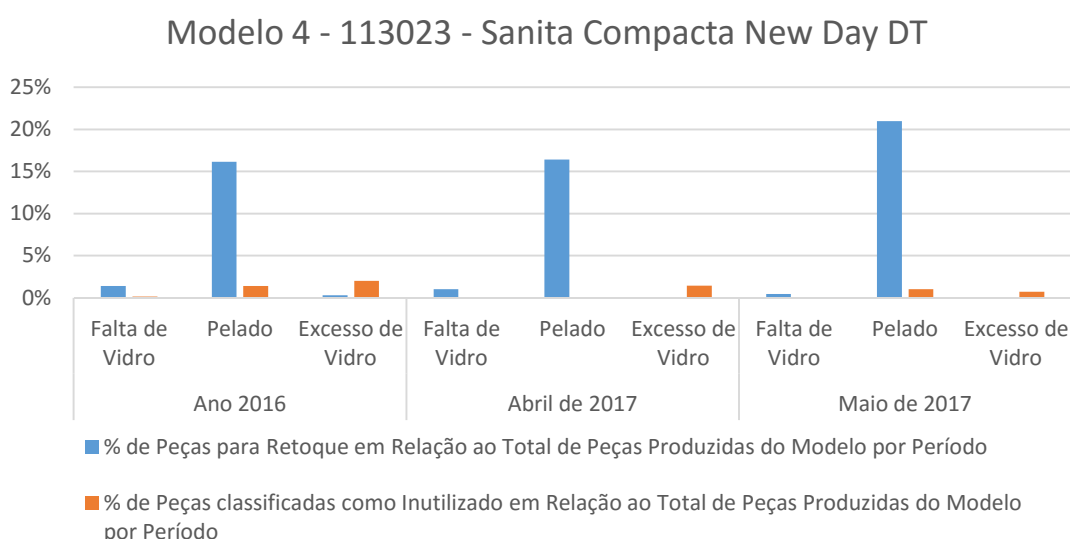


GRÁFICO 7 - EVOLUÇÃO DOS DEFEITOS DE VIDRAGEM - MODELO 4

Neste modelo verificou-se uma redução da incidência dos defeitos falta de vidro e excesso de vidro, tanto no que respeita a peças classificadas como retoque como inutilizadas. Já no que respeita ao defeito pelado, verificou-se um aumento no mês de maio, tanto no retoque como no inutilizado, que pode explicar-se devido a uma avaria no sistema de controlo dos caudais de vidro no Robô 1, onde esta peça era vidrada, provocando um efeito gotejado nas peças, que durante a cozedura dava origem ao pelado.

IV.5 Modelo 5 - Sanita Compacta Easy DP (131022)

Este modelo dispunha de programa de vidragem nos Robôs 1, 2 e 4, mas apenas o Robô 1 permitia obter resultados de vidragem minimamente satisfatórios. Devido à reduzida dimensão do sifão, qualquer pequeno desvio na posição de vidragem ideal da peça dava origem a graves problemas de excesso de vidro nas laterais do sifão, pelo que foi necessário corrigir a posição de chegada ao banco do carrossel. A intervenção foi realizada a meio do mês de janeiro de 2017, tendo-se conseguido encontrar uma posição de vidragem que permitisse obter resultados bastante satisfatórios. Com base nesta nova posição no banco do carrossel, foi corrigida a posição nos tornilhos das duas cabines de inspeção e corrigidas as cotas do sistema de medição de distância por laser. Foram posteriormente efetuadas as medições da posição da peça nos transferidores intermédios, e depois elaborada a nova folha da peça, sendo também dadas instruções aos operadores para não encaminharem a peça para vidragem nos robôs.

Cerca de três meses depois, voltaram a surgir problemas de vidragem neste modelo, pelo que se procurou avaliar se as posições anteriormente definidas estariam a ser cumpridas. Uma vez que as posições em cada um dos transferidores se encontravam de acordo com os valores registados na folha da peça, concluiu-se que o próprio robô não estava a replicar devidamente o programa de vidragem em utilização. Dado que nem mesmo após diversas afinações se conseguiu obter resultados de vidragem satisfatórios, foi pedida a elaboração de um novo programa de vidragem, respeitando as indicações constantes da folha da peça elaborada no mês de janeiro de 2017.

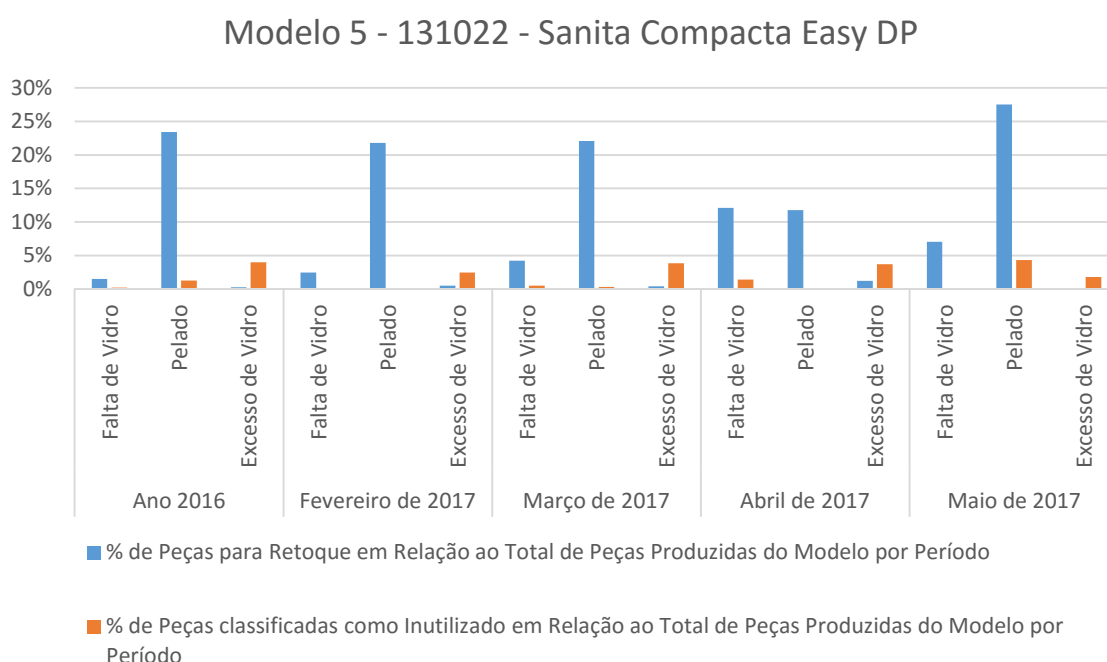


GRÁFICO 8 - EVOLUÇÃO DOS DEFEITOS DE VIDRAGEM - MODELO 5

Após a correção do posicionamento da peça no banco do carrossel de vidragem, durante o mês de janeiro de 2017, verificou-se um aumento gradual da incidência de defeitos de vidragem neste modelo, apesar de as posições previamente definidas continuarem a ser respeitadas, pelo que o defeito estaria a ser causado pelo não cumprimento do programa de vidragem por parte do robô. Foi então necessário proceder à elaboração de um novo programa de vidragem, que permitiu reduzir a percentagem de peças que apresentavam defeitos de falta ou excesso de vidro, tendo, no entanto, havido um aumento da percentagem de peças classificadas como pelado, o que pode explicar-se, tal como no Modelo 4, devido à avaria no sistema de controlo dos caudais de vidro no Robô 1, onde esta peça era vidrada, provocando o efeito gotejado nas peças, que durante a cozedura dava origem ao pelado.

IV.6 Modelo 6 - Sanita Simples Look DT (134013)

Este modelo já não era produzido desde o ano de 2016, pelo que foi necessário averiguar quais os robôs que dispunham de programa de vidragem para este modelo. Verificou-se que tanto o robô 1 como o robô 4 poderiam vidrar esta peça, mas após observação direta do processo, foi decidido optar pela vidragem apenas no robô 1, visto que a qualidade da mesma no robô 4 não era satisfatória. No caso deste modelo, apenas foi possível reduzir a percentagem de peças classificadas como excesso de vidro, devido a restrições do próprio programa de vidragem.

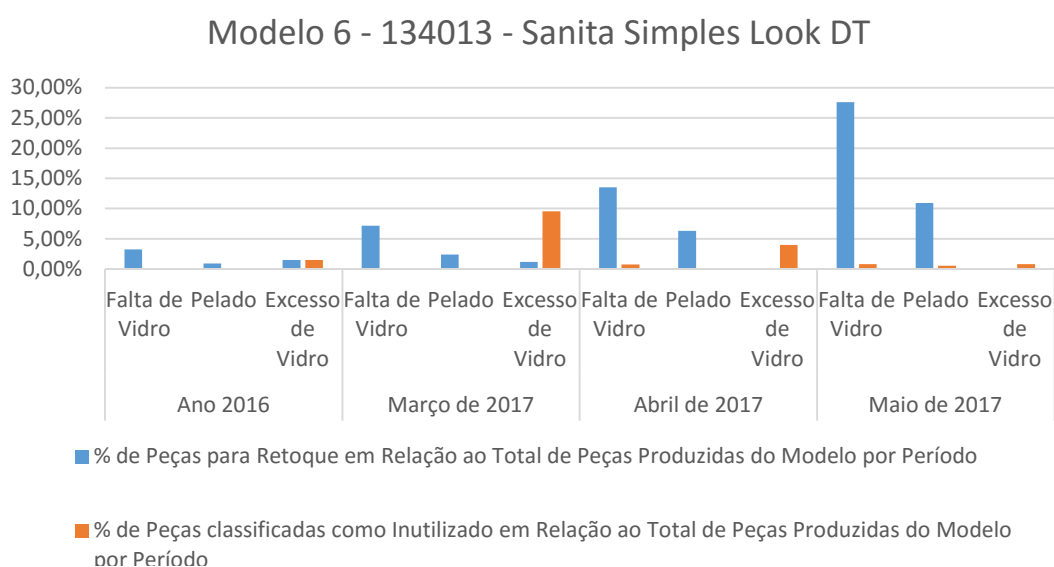


GRÁFICO 9 - EVOLUÇÃO DOS DEFEITOS DE VIDRAGEM - MODELO 6

IV.7 Modelo 7 - Sanita Compacta Look DT (134023)

Este modelo apenas é vidrado no Robô 4 e estavam definidas as cotas da peça para posicionamento com auxílio do sistema de lasers. No entanto, numa das cabines de inspeção, um dos lasers não acertava corretamente na peça, dificultando o seu posicionamento, pelo que foi necessário proceder ao seu ajuste, e consequente correção da posição da peça no banco do carrossel de vidragem. Este ajuste foi feito durante o mês de fevereiro, mas foi necessário fazer uma nova correção à posição no banco do carrossel no mês de Março, devido ao aumento da incidência do defeito pelado. Apesar de os valores deste defeito se manterem relativamente elevados ao longo do tempo, foi possível reduzir a incidência do defeito excesso de vidro, mantendo a incidência do defeito falta de vidro.

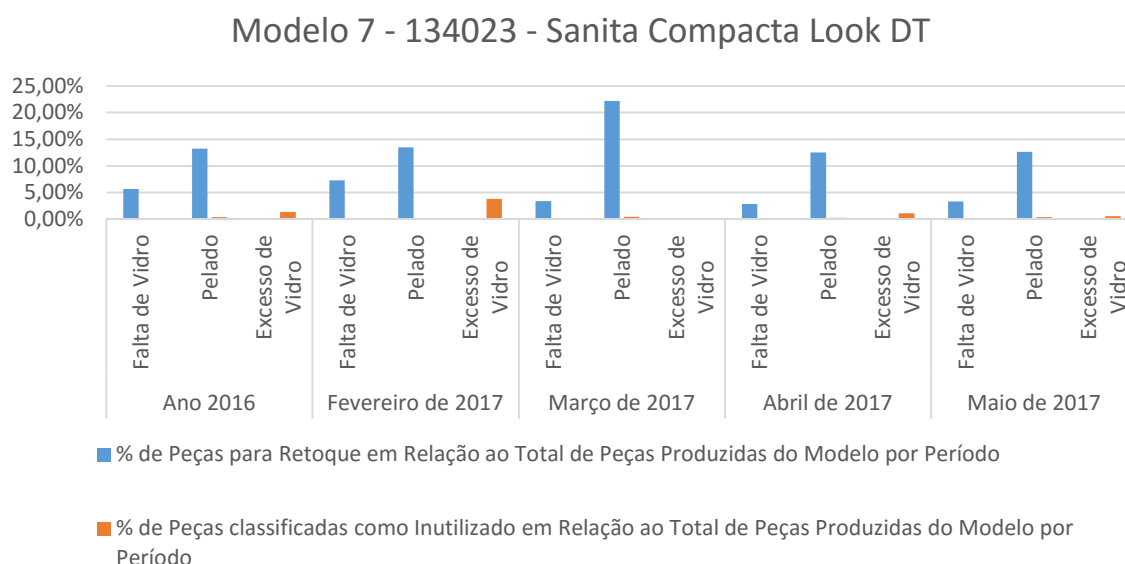


GRÁFICO 10 - EVOLUÇÃO DOS DEFEITOS DE VIDRAGEM - MODELO 7

IV.8 Modelo 8 - Sanita Simples Cetus Basic DC (135011)

A intervenção neste modelo foi realizada durante o mês de março de 2017, aquando da sua reentrada em produção. Com base nas folhas da peça que já se encontravam disponíveis, averiguou-se se as posições no tornilho de inspeção e no banco do carrossel de vidragem estavam a ser cumpridas, apenas tendo sido realizados pequenos ajustes nas mesmas, sendo posteriormente definidas as cotas para o posicionamento da peça no tornilho de inspeção das duas cabines com recurso ao sistema de lasers. Foram também feitas as medições da posição da peça nos transferidores intermédios e posteriormente atualizadas as respetivas folhas da peça.

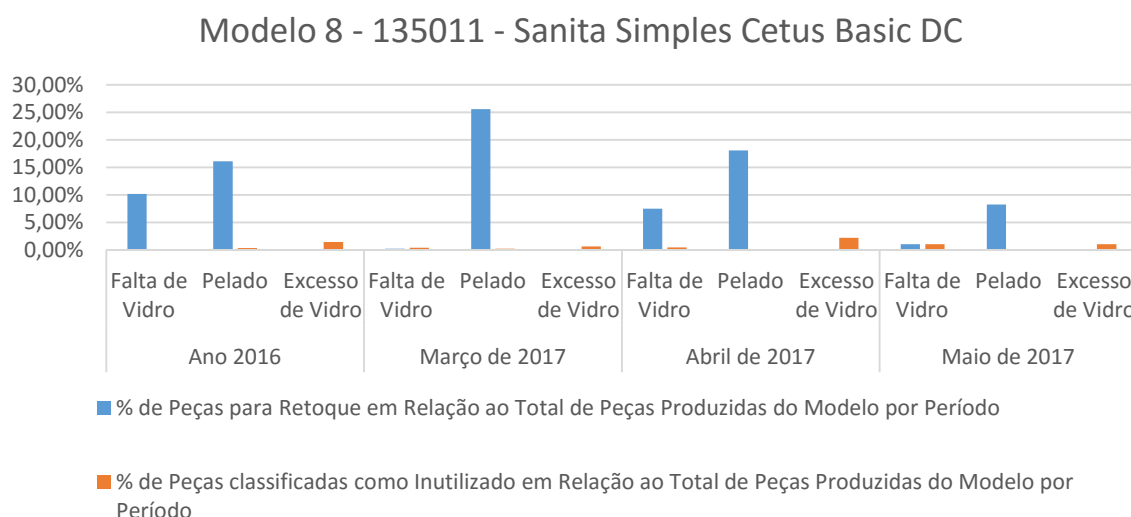


GRÁFICO 11 - EVOLUÇÃO DOS DEFEITOS DE VIDRAGEM - MODELO 8

Como se pode observar no gráfico acima, verificou-se uma redução significativa no defeito pelado, mantendo-se os valores dos defeitos falta e excesso de vidro em níveis baixos e estáveis. O aumento da incidência do defeito pelado durante os meses de abril e maio pode explicar-se pelo facto de ter sido vidrado um grande número de peças de cor bege, não tendo sido feitas as devidas adaptações dos parâmetros do programa de vidragem. A vidragem da peça na cor branca implica a aplicação de vidro em três passagens, mas no caso das restantes cores apenas são feitas duas passagens. Uma vez que os parâmetros de vidragem não foram alterados, foi executado o programa correspondente à cor branca. Esta situação provocou o escorrimento de vidro em algumas partes das peças e o aparecimento de pelados. Esta situação implicou um aumento anómalo no número de peças classificadas com o defeito pelado.

IV.9 Modelo 9 - Sanita Compacta UrbY 65 DC (140021)

Este modelo de peça apenas era vidrado no robô 4, pelo que foi necessário proceder ao ajuste da posição da peça no tornilho de inspeção de uma das cabines devido à alteração de posicionamento do laser, bem como efetuar alguns ajustes na posição no banco do carrossel de vidragem. Ao longo do tempo foram sendo feitos ajustes pontuais na posição da peça de forma a melhorar a qualidade de vidragem das peças, objetivo esse que foi conseguido, apesar do aumento da incidência do pelado como defeito para retoque. Uma vez que principal propósito da intervenção neste modelo de peça era apenas a correção da posição do laser de forma a facilitar a tarefa do operador no posicionamento da peça, considera-se que o trabalho realizado teve efeitos positivos, visto ter sido atingido o objetivo pretendido e mantendo ou reduzindo a incidência dos defeitos de vidragem.

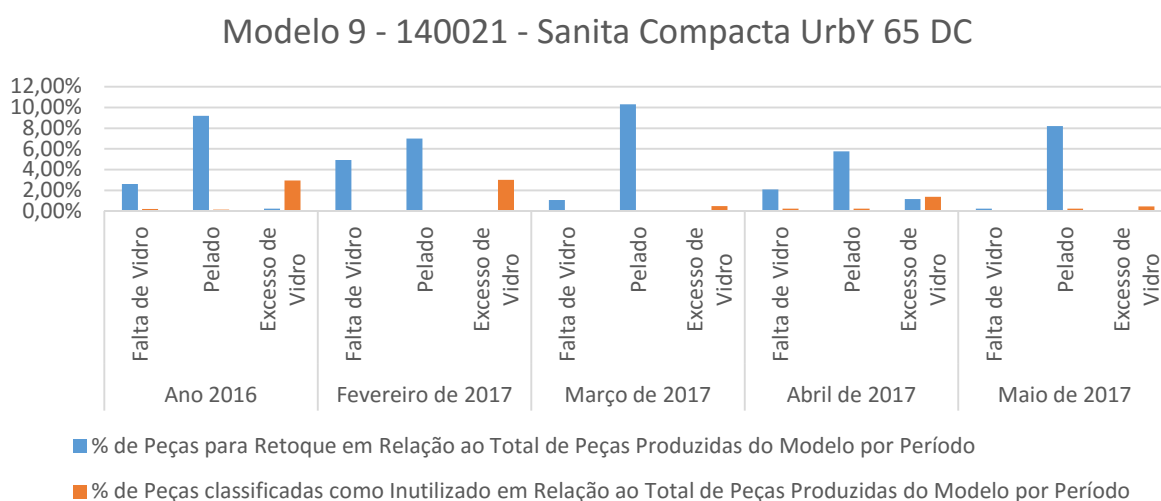


GRÁFICO 12 - EVOLUÇÃO DOS DEFEITOS DE VIDRAGEM - MODELO 9

IV.10 Modelo 10 - Sanita Compacta UrbY 60 DT (140025)

Este modelo de peça de dispunha de programa de vidragem no robô 1 e no robô 4. Após verificação da vidragem no robô 1 e sua não aprovação, optou-se pela vidragem do modelo apenas no robô 4. Foi necessário proceder ao ajuste da posição da peça no tornilho de inspeção de uma das cabines devido à alteração de posicionamento do laser, bem como efetuar alguns ajustes na posição no banco do carrossel de vidragem. Uma vez que o intuito da intervenção nesta peça era apenas a correção da posição do laser de forma a facilitar a tarefa do operador no posicionamento da peça, considera-se que o trabalho realizado teve efeitos positivos, visto ter sido atingido o objetivo pretendido e mantendo ou reduzindo a incidência dos defeitos de vidragem.

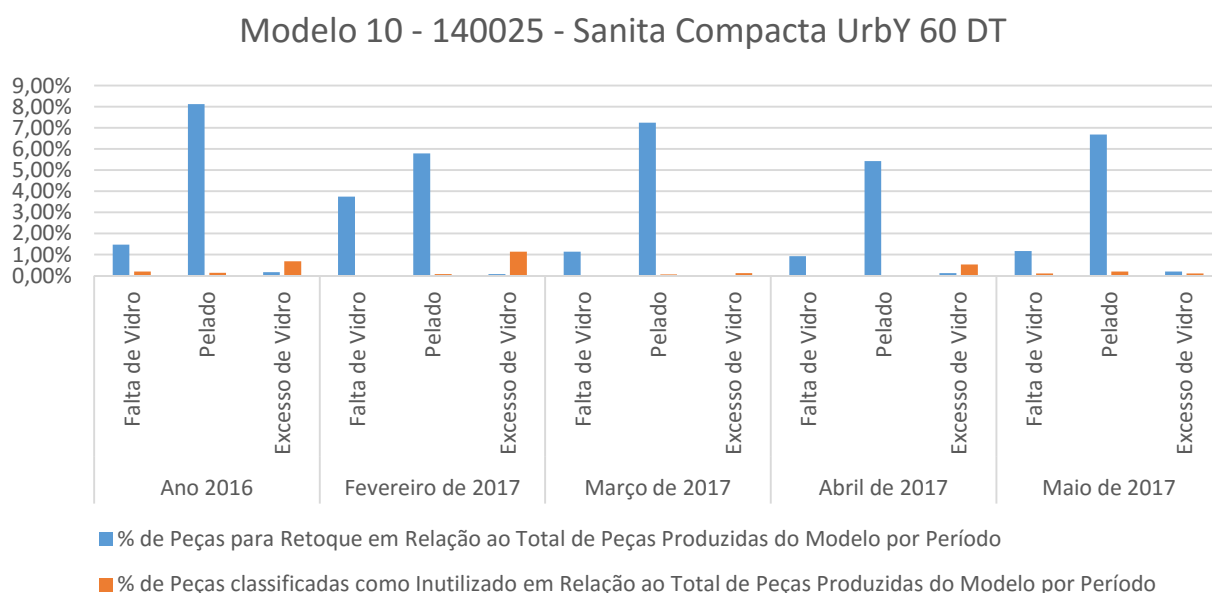


GRÁFICO 13 - EVOLUÇÃO DOS DEFEITOS DE VIDRAGEM - MODELO 10

IV.11 Modelo 11 - Sanita Suspensa Cubo (171032)

Este modelo de peça apenas era vidrado no robô 4 e, tal como os modelos 9 e 10, pretendia-se fazer o ajuste da posição do laser de uma das cabines de forma a facilitar a tarefa do operador no posicionamento da peça com recurso ao sistema de medição de distância por laser. Este ajuste na posição do laser foi realizado no mês de fevereiro, juntamente com alguns ajustes na posição da peça no carrossel de vidragem, tendo sido mantidos aproximadamente constantes os valores de incidência dos defeitos de vidragem.

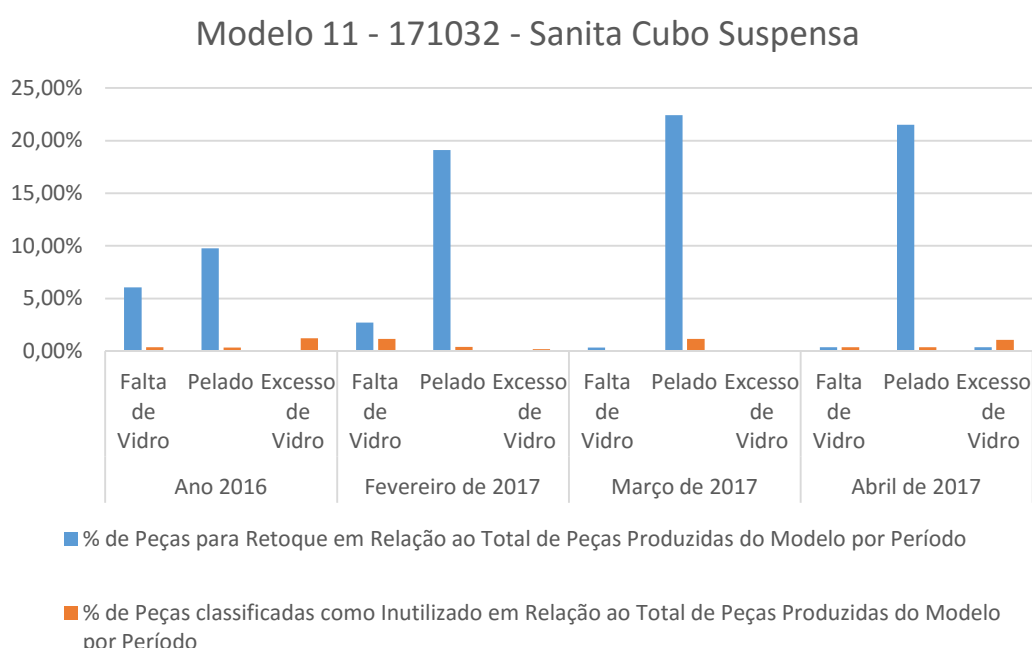


GRÁFICO 14 - EVOLUÇÃO DOS DEFEITOS DE VIDRAGEM - MODELO 11

IV.12 Modelo 12 - Sanita Compacta Bridge DP (182022)

O modelo 12 apenas era vidrado no robô 4, pelo que no momento de reentrada em produção do modelo, foi necessário efetuar os ajustes de posição no tornilho de inspeção já referidos para os modelos 9, 10 e 11. Apesar de se observar um aumento na percentagem de peças classificadas com defeitos de pelado, verificou-se uma redução da incidência dos outros defeitos de vidragem, pelo que se pode considerar que o trabalho realizado nesta peça teve um impacto positivo, sobretudo pelo facto de aumentar a cadência produtiva pelo menor esforço requerido ao operador no posicionamento da peça com recurso ao sistema de medição de distância por laser.

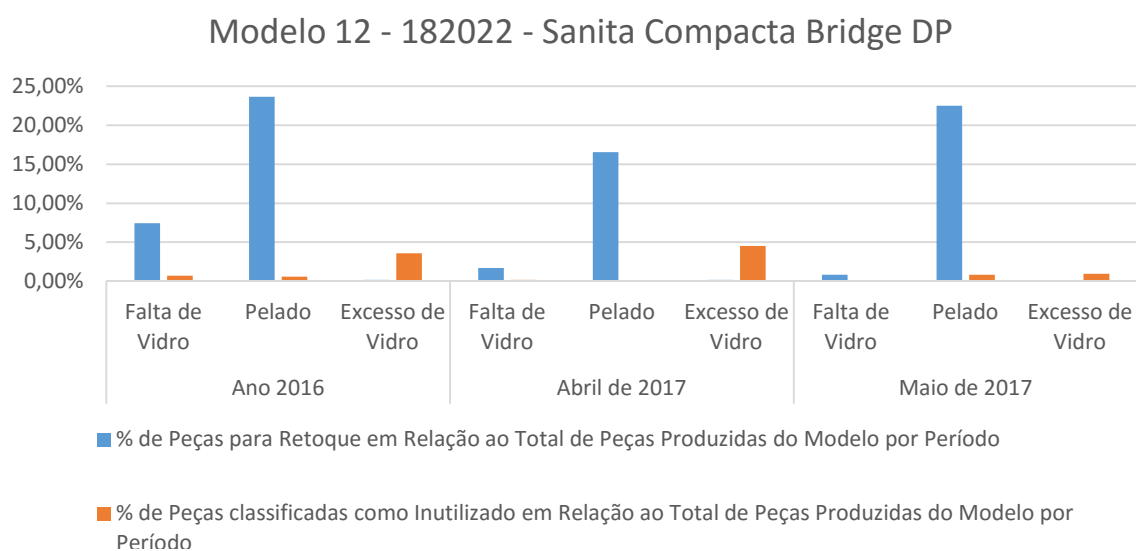


GRÁFICO 15 - EVOLUÇÃO DOS DEFEITOS DE VIDRAGEM - MODELO 12

Capítulo V – Conclusão/Discussão dos Resultados

Com a realização deste trabalho foi possível perceber de forma detalhada o processo de fabrico de peças cerâmicas, desde o enchimento dos moldes com pasta previamente preparada até à embalagem, com especial enfoque no processo de vidragem, sobre os quais incide o trabalho descrito neste relatório.

Foram identificados os modelos de peças que apresentavam mais defeitos de qualidade relacionados com origem na vidragem (pelados, faltas e excessos de vidro), tendo sido desenvolvidas soluções no sentido de mitigar esses defeitos.

Criou-se um conjunto de documentos técnicos que permitem a qualquer colaborador perceber quais as condições ideais para o melhor resultado de vidragem dos diferentes modelos de peças, incluindo todas as informações necessárias com essa finalidade, desde as referências para correta colocação das peças cerâmicas no tornilho da cabine de inspeção aos parâmetros de operação do robô de vidragem.

Este trabalho baseou-se na colocação e recolocação de um sistema de lasers aplicados nas cabines de inspeção. Esta solução permitiu a colocação das peças sempre na mesma posição, facilitando a tarefa dos operadores de inspeção e aumentando a produtividade. No entanto, as melhorias introduzidas permitiram facilitar ainda mais a tarefa de posicionamento com a introdução da indicação das referências por imagem.

Verificou-se que, apesar de todas as melhorias introduzidas no processo, continua a ser necessária a disponibilidade de todos colaboradores para responder aos desafios que lhes são propostos no sentido de reduzir os defeitos.

Apesar de ter sido possível reduzir a quantidade de peças não conformes com origem na vidragem, nem sempre as medidas corretivas implementadas surtiram os efeitos desejados. Após a vidragem de alguns modelos de peças, os defeitos voltavam a ocorrer, contudo em menor quantidade.

Capítulo VI – Trabalhos Futuros

Futuramente seria interessante criar uma metodologia de adaptação das características reológicas do vidro, tais como a densidade, viscosidade e temperatura de aplicação, às condições ambientais efetivas do sector da vidragem, uma vez que há vários fatores, como a temperatura e humidade, que têm influência na capacidade de aderência do vidro às peças cerâmicas. Seria também importante a implementação de um sistema que impeça a entrada de contaminantes no circuito de alimentação de vidro ao robô de vidragem.

Seria também interessante a implementação de um sistema de controlo da temperatura do vidro, de forma a que as elevadas temperaturas sentidas no interior da unidade fabril não tenham influência nas condições de aplicação do vidro sobre as peças cerâmicas, bem como avaliar a possibilidade de modernizar os equipamentos da unidade de forma a reduzir os desperdícios causados por sucessivas reparações e tempos de paragem associados.

Bibliografia

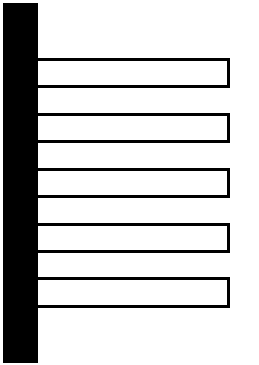
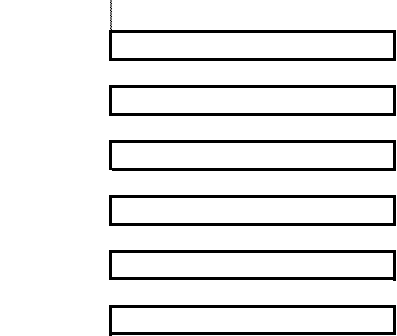
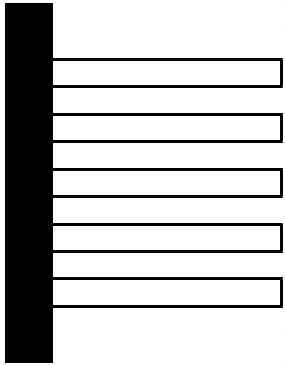
- [1] Niemann, G., Manuale degli organi delle macchine, Tecniche Nuove, 2006
- [2] Budynas, Richard. G., Nisbett, J. Keith, Shigley's Mechanical Engineering Design, McGraw-Hill, 2008
- [3] Dubbel, H. Dubbel handbook of mechanical engineering, Springer, 1994
- [4] WEG – Motores Elétricos – Guia de Especificação
- [5] Ruocco, S. R., Robot Sensors and Transducers, New York : Halsted Press, 1987
- [6] Morris, Alan S, Measurement and Instrumentation Principles, Butterworth-Heinemann
- [7] Basics of How an Encoder Works, Encoders Product Company
- [8] SACMI, Tecnologia Ceramica – Sanitari, SACMI, 2010

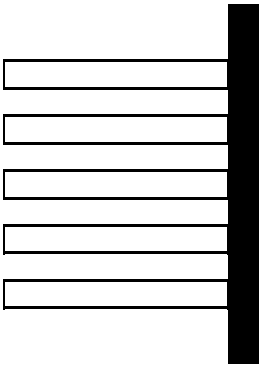

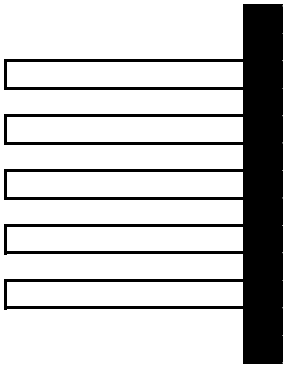
Anexos

Anexo 1 – Folha da Peça (Página de Rosto)

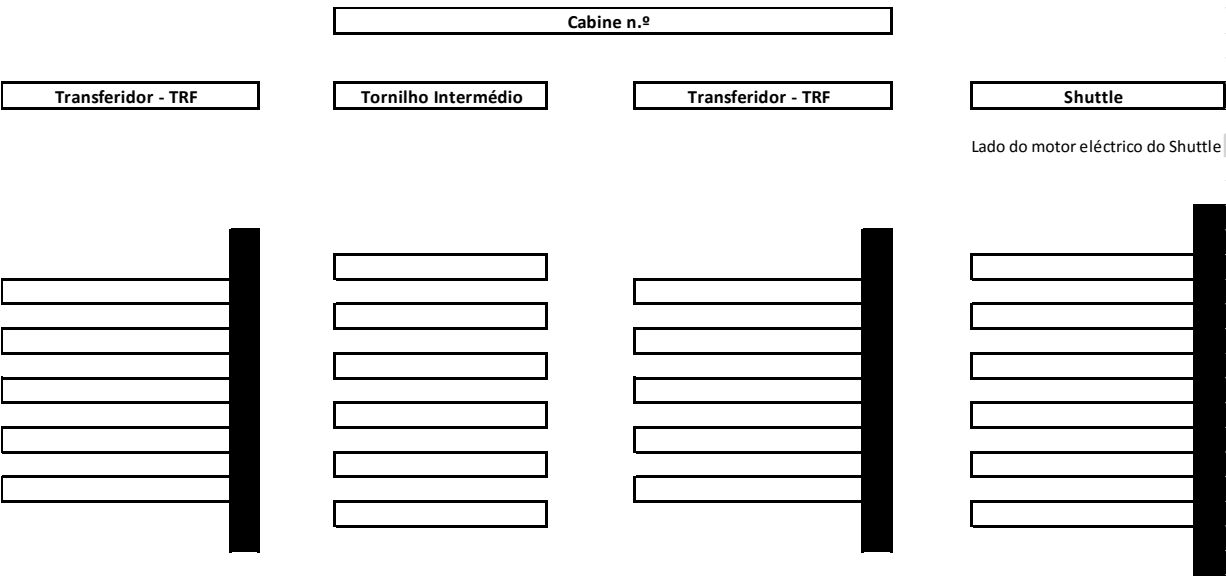
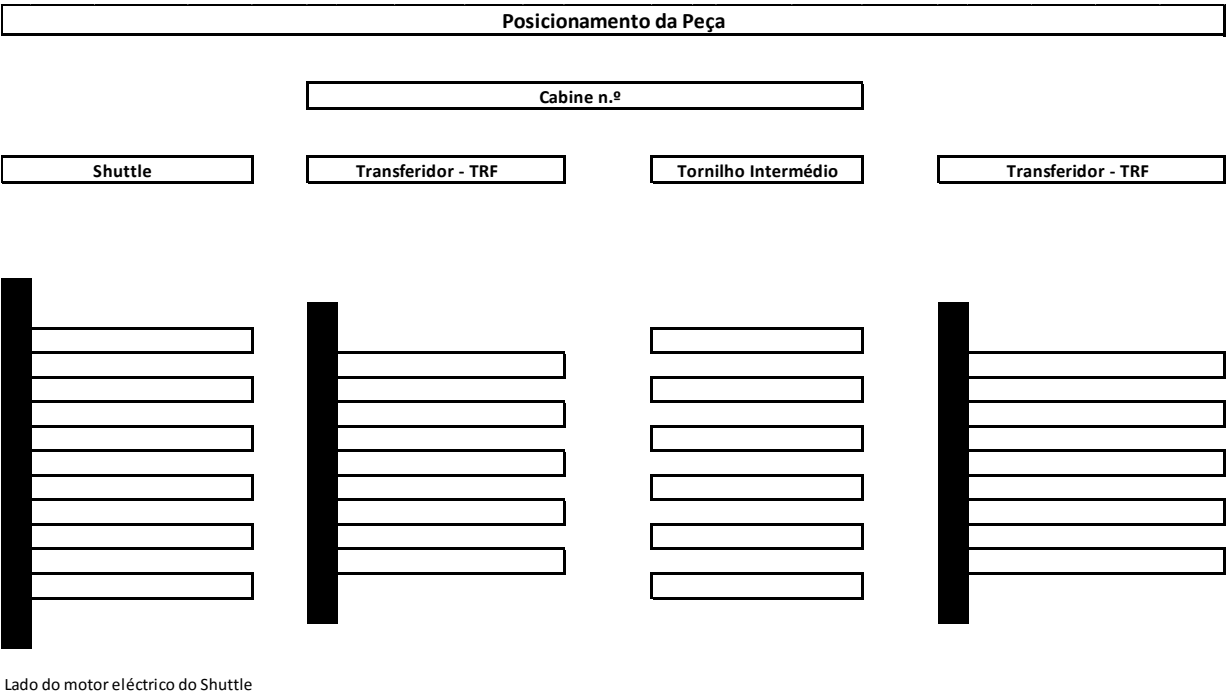
Código _____	Peça _____	
Data do Prog. _____	Robot _____	Cab. Prog. _____
Altura da pistola _____	Correntes tensionadas _____ Qual _____	
Banco _____	Offset E1 _____ E4 _____	
	E2 _____ E5 _____	
	E3 _____ E6 _____	
	Ponto Zero _____	
Nº prg original _____	Nº prg no sistema _____	Nº de voltas _____
		Tempo _____
Prg acresceto _____	Nº prog _____	Tempo _____
		Tempo total _____
Caudais	min _____	med _____ max _____
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> cabine programa Cotas Laser's <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small; margin-right: 5px;">cabine programa</div> <div style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;"> Int _____ Ext _____ </div> </div> </div> <div style="text-align: center;"> cabine oposta <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small; margin-right: 5px;">cabine oposta</div> <div style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;"> Int _____ Ext _____ </div> </div> </div> </div>	
Posição Inspeção		
Posição Vidragem		
		ROBOT

Anexo 2 – Folha da Peça (Verso – R1 e R2)

Posicionamento da Peça		
Cabine n.º		
Shuttle	Passadeira - TR	Transferidor - TRF
Referência - Extremidade da parte mais comprida do esquadro		
Fim da Passadeira		
		
Lado do motor eléctrico do Shuttle		




Cabine n.º		
Transferidor - TRF	Passadeira - TR	Shuttle
Referência - Extremidade da parte mais comprida do esquadro		
Fim da Passadeira		
		
Lado do motor eléctrico do Shuttle		


Anexo 3 – Folha da Peça (Verso – R3 e R4)



Anexo 4 – Modelos de Peças

Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
		
100021 Sanita Compacta Alfa DC	100022 Sanita Compacta Alfa DP	103024 Sanita Compacta Aveiro Confort DP

Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
		
113023 Sanita Compacta New Day DT	131022 Sanita Compacta Easy DP	134013 Sanita Simples Look DT

Modelo 7	Modelo 8	Modelo 9
		
134023 Sanita Compacta Look DT	135011 Sanita Simples Cetus Basic DC	140021 Sanita Compacta UrbY 65 DC

Modelo 10	Modelo 11	Modelo 12
		
140025 Sanita Compacta UrbY 60 DT	171032 Sanita Suspensa Cubo	182022 Sanita Compacta Bridge DP